H. A. Baurmeister,

Theorie der Körperbewegungen.

Theorie

der

Körperbewegungen

in specieller

Erörterung der Pendelbewegungen

von

Gustav Adolph Baurmeister.

Mit 26 in den Text gedruckten Figuren.

Leipzig.
Verlag von Eduard Heinrich Mayer.
Cöln, M. Lengfeld'sche Buchhandlung (E. H. Mayer).
1858.

Inhalt.

Theorie der Körperbewegungen.

1.

Das bei weitem wichtigste und interessanteste Instrument für die Physik ist das Pendel; es ist zugleich ungeachtet seiner anscheinend so großen Einfachheit das wunderbarste und selbst in der rohesten Construction noch das denkbar vollkommenste Instrument; aber man muß vollständig mit demselben vertraut sein, um es benutzen zu können. Nur in diesem Falle wird es über eine Reihe der wichtigsten Fragen, über wissenschaftliche Gegenstände, welche noch in voller Dunkelheit ruhen, bestimmte Entscheidungen geben; auf gutes Glück hin als Experimental-Spielwerk gebraucht, können seine Aeußerungen entweder gar nicht oder nur falsch verstanden werden, und müssen statt Wahrheit Irrthum aller Art verbreiten. Eine Theorie der Pendel-Bewegungen, welche der Kritik Stand halten könnte und nur einigermaßen ausreichend wäre, hat ihren Schöpfer noch nicht gefunden. Eine solche Theorie soll nachstehend versucht werden.

2.

Form und Wesen des Pendelverbandes im Allgemeinen.

Wenn ein Mann an eine etwa 10 ℔. schwere Bleikugel ein Seil befestigt, so daß die Kugel, ohne die Erdoberfläche zu berühren, an dem einen Ende des Seiles ruht, während der Mann das andere Ende in der Hand hält, und nun eine Wage besteigt, so wird sich

sein Körpergewicht um ebenso viel, wie das Gewicht der Kugel mit dem Seile betrug, vermehrt haben, die Kugel mag sich innerhalb der atmosphärischen Luftsäule, welche auf der Wagschale in vertikaler Richtung ruht, oder außerhalb dieser Luftsäule, selbst unter der Wagschale befinden. Der Körper des Mannes und die Kugel sind in Betracht des Gewichtes oder der Schwere zu einem Körper vereinigt. Da die Kugel die Wagschale nicht tangiren kann, so wirkt sie vermittelst des menschlichen Körpers auf die Wage, und diese Einwirkung macht sich schon durch ein schmerzhaftes Gefühl in der Hand bemerkbar, durch welche die Kugel mit dem menschlichen Körper zunächst in Verbindung trat.

Man kann sagen, wenn man nur die Kugel im Auge hat, ihre Schwere sei gebunden, und diesen Ausdruck in concreto möglichst wörtlich nehmen.

Berührt die Kugel den Erdboden, so wird ihre Schwere frei; ihre Schwere wird auch für den kurzen Zeitraum vollständig frei, innerhalb dessen die Kugel, durch eine entsprechende kräftige Handbewegung in die Höhe gezogen, freien Fallraum hat. Im ersteren Falle ist die Kugel jetzt durch den festen Erdboden gestützt, im letzteren Falle ist sie ein isolirter Körper, in beiden Fällen also ist die mechanische Verbindung mit dem Manne aufgehoben.

Wird eine solche Kugel an den wagrecht hervortretenden Arm einer Säule mittelst des Seiles befestigt, so daß sie wieder frei in der Luft ruht, so erhält man ein Pendel. Die Säule tritt jetzt in Betracht der Schwere ganz in die Stelle des Mannes; das Gewicht der Säule hat sich also jetzt um das Gewicht der Kugel vermehrt; das Gewicht der Kugel lastet auf der Säule. Im Uebrigen ist nach Verbindung beider Körper durch diesen Pendelmechanismus auch der Stütz- oder Schwerpunkt der Säule ein anderer geworden.

Die bekannte Lehre, nach welcher die veränderte Form eines Körpers, durch Dehnbarkeit, mechanische Trennung und Zusammensetzung ꝛc. herbeigeführt, keinen Einfluß auf die Schwere, wohl aber einen bedeutenden Einfluß auf den Stützpunkt hat, darf bei Beobachtung und

Erklärung des Pendels nicht außer Augen gelassen werden und ist von großem Einfluß, wie der spätere Vortrag näher ergeben wird.

In Beziehung auf die Schwerkraft des Pendels hat die mechanische Verbindung beider Körper keinen Einfluß.

Denn nach der bekannten Lehre Newtons, welche ewig wahr bleiben wird, sind es ja alle Molekule der Erde, welche auf alle Molekule jedes irdischen Körpers, also auch auf sich selbst gegenseitig, anziehend einwirken, in dieser Gesammteinwirkung, die die Erscheinungen der Schwerkraft bewirken.

Diese Gesammteinwirkung der Attractionskraft der Erd-Molekule bleibt nach wie vor auf die Molekule des Pendels wirksam, und insoweit das Pendel von der Säule als unabhängig, als ein von ihm getrennter Körper zu betrachten ist, wird es den Einwirkungen der Attractionskraft jetzt wie früher unterworfen sein.

Die Attractionskraft der Erde ist die einwirkende Kraft bei allen Pendelerscheinungen, und es bleibt sich in praktischer Beziehung vollständig gleich, ob man in Folge dieser Anziehungskraft dem Pendel eine Schwerkraft zuschreiben, sich also die Bewegungen des Pendels als durch eine subjective Kraft des letztern herbeigeführt, als Aeußerungen dieser Kraft, denken will, oder ob man das Pendel nur als passiv betrachtet. Eine wissenschaftlich richtige Anschauung ist bei ersterer Annahme aber keineswegs vorhanden. Denn es ist klar, daß, so lange die Trägheit der Körper (Zustand der vollkommenen Passivität in Betracht der Bewegung) als Princip aufgestellt und vertheidigt wird, die eine Bewegung bewirkende subjective Kraft eines Körpers, eine Schwerkraft im angedeuteten Sinne genommen, nicht vorhanden sein und nicht gedacht werden kann; die Begriffe Trägheit und Schwerkraft wären dann directe Widersprüche, was bei richtiger Auffassung keineswegs der Fall ist.

Wenn es sich für den praktischen Gebrauch aber auch vollständig gleich bleibt, aus welchem Gesichtspunkte man die Sache betrachtet, so ist dies bei einer wissenschaftlichen Forschung keineswegs dasselbe. Die falsche Auffassung der einwirkenden Kräfte führt zwar hier zufällig zu

einem richtigen Resultate, ebenso wie es z. B. vollständig gleichgültig ist, ob man die Sonne um die Erde oder die Erde um die Sonne kreisend annehmen will, wenn es sich nur darum handelt, die Abwechselung von Tag und Nacht ꝛc. zu erklären; legt man aber solche unrichtige Auffassung anderweit zu Grunde, so wird man damit entweder gar nicht weiter kommen, oder man wird zu ganz falschen Resultaten und zu Irrthum gelangen.

Von diesem Gesichtspunkte ausgehend, hat sich der Verfasser die Aufgabe gestellt, die Pendelerscheinungen sowohl als Resultate der Schwerkraft des Pendels, wie auch nach der ursprünglichen und rein gehaltenen Grundlehre als Resultate der Attractionskraft der Erde auf der einen Seite, und der Trägheit (Zustand der Passivität in Betracht der Bewegung) auf der andern Seite nachzuweisen.

Es ist ihm wohl bekannt, daß nach fast allgemeiner Annahme ein gegenseitiges Einwirken, also eine Thätigkeit sowohl der Erde, welche den Körper an sich reißt, als auch eine Thätigkeit des Körpers, um dieser Einwirkung folgen zu können, vorausgesetzt wird, und er theilt diese Ansicht nicht nur vollständig, sondern will es sogar wagen, eine solche wechselseitige Thätigkeit, dieses nur geahnte Band zwischen beiden Körpern, nachzuweisen.

Wenn alle Erdmolekule nämlich Attractionskraft besitzen, so wird auch dem Pendel, da es ebenfalls aus Erdmolekulen besteht, diese Kraft innewohnen. Mag dieselbe auch wegen der Unbedeutendheit seiner Molekule sonst kaum in Betracht kommen können, sie ist in so fern von Wichtigkeit, als durch diese Attractionskraft der Erde sowohl wie des Pendels das mechanische — vielleicht nur sympathische oder magische — Band gebildet wird, welches die Wechseleinwirkung, wie wir sie durch Erfahrung kennen, auch theoretisch, und zugleich den sonst so auffallenden Umstand erklärbar macht, daß die Attractionskraft selbst durch ein Vacuum nicht beseitigt wird. Man kann leicht zu der Ueberzeugung kommen, ein Vacuum könne die vorhandene Attractionskraft nicht fortnehmen und deshalb das Band nicht zerreißen.

Durch das Beilegen von Attractionskraft wird die Eigenschaft der Trägheit keineswegs beseitigt, wie es durch Beilegen von Schwerkraft der Fall ist, und es bedarf keiner Ausführung darüber, daß man Alles, was als Folge der Schwerkraft erklärt zu werden pflegt, ebenso überzeugend, aber weit richtiger und consequenter, als unmittelbares Resultat der Erd-Attractionskraft darstellen kann.

Die letztere Erklärung reicht überall aus, und es kann ohne Verletzung der Newtonschen Grund-Annahme selbst, und ohne starke Verstöße gegen die Wahrscheinlichkeit zu begehen, in den meisten Fällen von derselben nicht abgegangen werden.

Jede Bewegung eines Körpers erfolgt entweder dadurch, daß ein anderer Körper ihn aus seinem bisherigen Raum verdrängt, oder durch die Attractionskraft; beim Pendel durch die Attractionskraft der Erde (Schwerkraft). Daß durch gleichzeitige Einwirkung beider Kräfte ebenfalls eine Bewegung erfolgen könne, versteht sich ohne weitere Ausführung von selbst.

Eine Kugel, wie unsere Pendelkugel etwa, auf einen Bergabhang gelegt, rollt nicht nur den Berg hinunter, und unten angelangt, auf horizontaler Fläche weiter, sondern sie rollt auch wohl einen daneben liegenden Bergabhang theilweise wieder hinauf; Beides geschieht ohne alle äußere Einwirkung, also lediglich mittelst ihrer eigenen Schwerkraft, oder vermöge der Erd-Attractionskraft.

Das Herabrollen der Kugel erklärt sich leicht; ihr Schwerpunkt war nicht gestützt, das Herabrollen ist ein fortgesetztes Fallen, oder richtiger: die Kugel kann der einwirkenden Erd-Attractionskraft nur in so weit Folge leisten, als es die vorhandenen Hindernisse — der Bergabhang, den sie zu durchbrechen nicht vermag — gestatten. In Folge der beim Herabrollen erlangten Fallkraft, welche sich nur in der durch diese Hindernisse bedingten und angewiesenen anomalen Richtung geltend machen kann, rollt sie auf ebener Fläche weiter, und auch in einer anscheinend ihrer Schwerkraft oder der Erd-Attractionskraft nicht entsprechenden Richtung den Berg theilweise wieder hinauf. Die At-

tractionskraft (Schwerkraft) ist ihr bei der aufsteigenden Bewegung hinderlich und schwächt die künstlich von ihrem normalen Ziele abgelenkte Fallkraft, je länger je mehr, wie sie dieselbe beim Falle in einer entsprechenden Richtung, je länger je mehr, beschleunigte. Sie vermag diese Fallkraft aber nicht augenblicklich aufzuheben, und deshalb muß die Fortbewegung der Kugel in der angewiesenen Richtung so lange erfolgen, bis die die Kugel von dem normalen Ziele künstlich ablenkende Fallkraft durch die dagegen einwirkende Attractionskraft vollständig beseitigt ist, worauf die rückgängige Bewegung mittelst der Attractionskraft erfolgt.

So etwa verhält es sich mit den Vertikal-Schwingungen des Pendels. Die Fallgesetze und deren Ursachen lassen sich hier vorzugsweise beobachten, da alle Bewegungen bei ihrer langen Dauer und großen Regelmäßigkeit sowohl als auch bei der durch den Pendelmechanismus bewirkten Moderation sehr lange Zeit hindurch und deutlich hervortreten. Aber die offenbaren Abnormitäten der Pendelbewegung haben jede desfallsige Erörterung bisher ohne alles Resultat gelassen.

Der ganze Pendelmechanismus beruht auf dem Grundsatz, welcher stets, wenn auch unbewußt, zur Anwendung gebracht wird:

der Schwerkraft, in so weit sie eine Bewegung bewirken und unterstützen kann, möglichst freien Lauf zu lassen (die Attractionskraft nicht durch mechanische Vorrichtungen unwirksam zu machen), in so weit sie aber der Bewegung hinderlich ist, diese Hindernisse durch mechanische Vorrichtungen möglichst zu beseitigen oder aufzuheben.

Diese Vorrichtungen betreffen zunächst die Art und Weise, in welcher das Pendel durch die Säule gestützt ist. Die ganze Schwere des Pendels ruht auf einer einem Punkte vergleichbaren Fläche, und die Linie, welche dieser bei der Bewegung fortlaufende Punkt beschreibt, ist auch bei den möglichst größesten Bewegungen nur sehr kurz, die Reibung mithin höchst unbedeutend, die überhaupt mehr als Druck denn als Reibung anzusehen ist.

Betrachten wir das Pendel in seiner Ruhe.

In dieser Lage ist ein Fallen nicht möglich, da der Schwerpunkt vollständig gestützt ist, oder richtiger:

das Pendel strebt, der Richtung der Resultirenden entsprechend, zwar fortwährend, und auch im Zustande der Ruhe, dem Erdmittelpunkte zu, es vermag aber, durch den Pendelverband mechanisch abgehalten, nicht in eine größere Annäherung zu demselben, also in keine der Resultirenden günstigere Lage zu gelangen, und deshalb ist seine Bewegung in dieser Lage unmöglich, es sei denn, daß es durch anderweitige Einwirkungen gewaltsam daraus vertrieben würde.

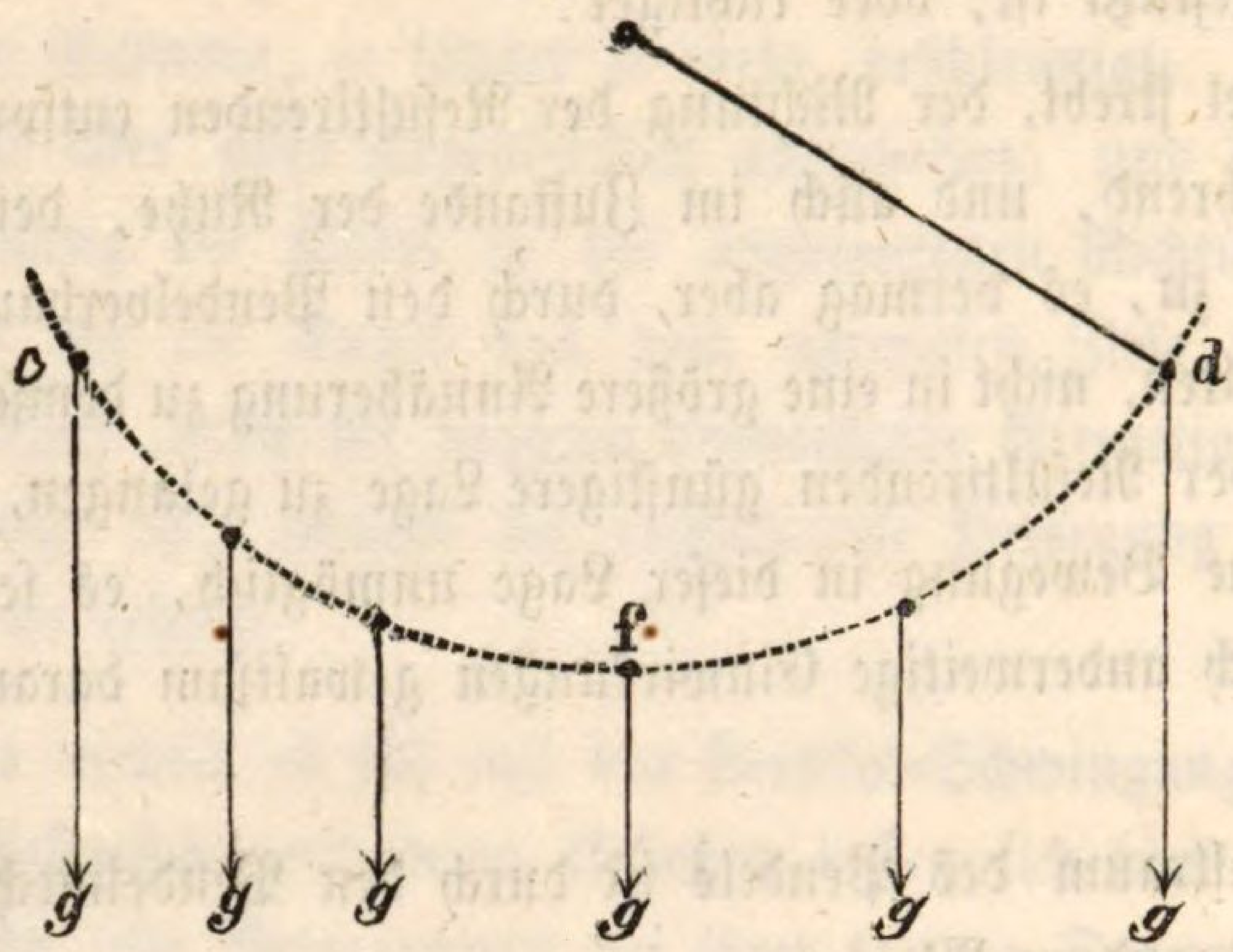
Der Fallraum des Pendels ist durch den Pendelmechanismus begrenzt. Mit andern Worten:

Das Pendel kann sich nicht weiter als um die Länge des Hebels, an dessen Ende es befestigt ist, von seinem Stützpunkte entfernen, und da sich dieses Verhältniß niemals ändert, eben wegen der dauernden mechanischen Verbindung, so kann die Bewegung des Pendels als äußerste Grenzen nur Kreislinien beschreiben, von denen jedes Theilchen vom Pendelstützpunkte gleiche Entfernung hat, nach jeder beliebigen Richtung hin betrachtet. Wird das Pendel aus seinem Ruhepunkte entfernt, so muß ein Fallen erfolgen, in so weit es der Pendelmechanismus zuläßt; — die einwirkende Attractionskraft vermag es dem Ruhepunkte wieder zuzuführen.

Es würde, in den Punkt d unserer Figur gestellt, in grader Linie nach g auf die Erde fallen, allein die mechanische Verbindung mit der Säule, einem Körper, der an der Bewegung keinen Theil nimmt, hindert es hieran, und deshalb kann es den Einwirkungen der Attractionskraft nur in der möglichst entsprechenden Weise Folge leisten — seine Schwerkraft kann sich nur in solcher Weise äußern.

Seine Bewegung bezeichnet die Linie d f als diejenige, welche von allen dem Pendel erreichbaren Punkten, als seiner normalen Fallrichtung am entsprechendsten, ihm verstattet ist. Die Linien von g,

deren unendliche, sämmtlich parallel laufend, zu denken, bezeichnen die Einwirkung der Resultirenden.



In dem Punkte f angekommen, bleibt es nicht stehen, obschon es hier die durch die Attractionskraft (Schwerkraft) gesuchte günstigste Lage erreicht hat, denn die bei der absteigenden Bewegung von d nach f erlangte Fallkraft hindert es hieran, und treibt es in der durch den Pendelmechanismus angewiesenen Richtung etwa nach den Gesetzen weiter, wie sie vorher bei Betrachtung einer den Bergabhang hinab- und hinaufrollenden Kugel im Allgemeinen dargestellt worden sind. Es erreicht ungefähr den Punkt c, worauf die rückgängige Bewegung erfolgt. Dies ist ungefähr die allgemeine Annahme, deren nähere Prüfung später erfolgen wird.

Es wirkt nur eine und dieselbe Kraft auf das Pendel, aber in verschiedener Weise, wie hieraus klar zu ersehen ist:

einmal insofern, als sie das Pendel auf gradestem Wege dem Erdmittelpunkte zuzuführen strebt, sodann aber auch gleichzeitig in der Weise, als sie gegen die durch den Pendelmechanismus bedingte fortwährende gewaltsame Entführung des Pendels von seiner normalen Richtung fortwährend ankämpft.

Die Bewegung des Pendels ist der Kampf der Schwerkraft gegen den Pendelmechanismus, oder nach der richtigeren Anschauungsweise:

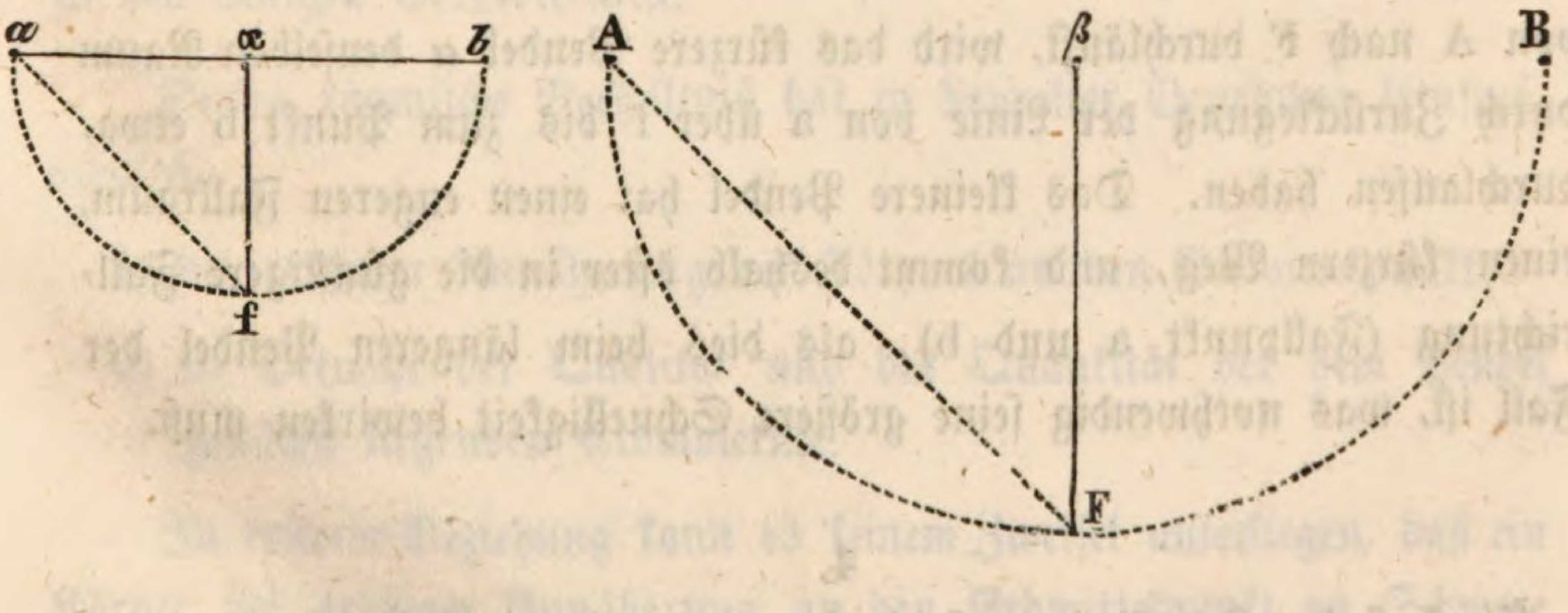
ein Kampf der Attractionskraft der Erde gegen den Pendelmechanismus.

Dieser Kampf endigt stets zum Vortheil der Attractionskraft, und dies würde auch dann der Fall sein, wenn alle Friction und der Einfluß der atmosphärischen Luft vollständig beseitigt wäre, obschon allgemein das Gegentheil, also die Möglichkeit einer fortwährenden Pendelbewegung, angenommen wird; allein diese Frage kann ebenfalls erst später, nachdem das Wesen und die Ursachen der Fallkraft durchforscht und erörtert worden, zur Erörterung kommen, und gehört zu denen, auf welche das Pendel selbst auf richtiges Befragen vollen Aufschluß giebt.

3.
Einfluß der Pendelschnur auf die Fallkraft und Fallrichtung des Pendels.

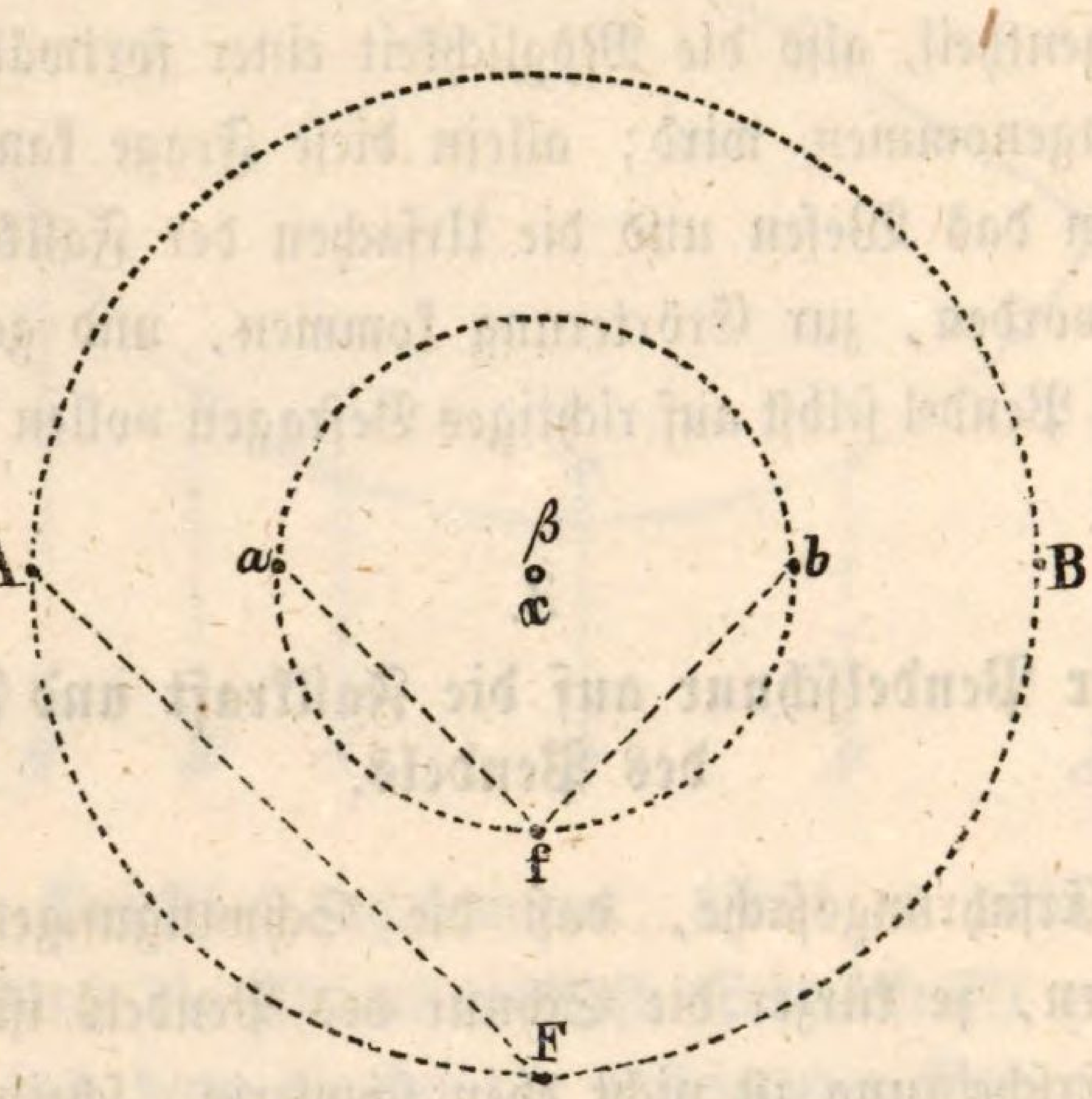
Es ist Erfahrungssache, daß die Schwingungen des Pendels schneller werden, je kürzer die Schnur des Pendels ist. Eine Erklärung dieser Erscheinung ist nicht eben schwierig, scheint aber nicht da zu sein.

Betrachten wir die Schwingungen zweier Pendel, deren Schnuren verschiedene Länge haben, und die Kreislinie, welche deren Fallrichtung beschreibt.



Es könnte beim ersten Anblick den Anschein gewinnen, als ob die Fallrichtung beider Pendel verschieden wäre; dem ist aber nicht so, die Fallrichtung aller Pendel ist vielmehr gleich, wie es die in der

Figur punktirten geraden Linien von a nach f und von A nach F, welche in gleicher Fallrichtung, also parallel laufen, in die Augen fallend ergeben; noch deutlicher zeigt es die Lage beider Pendel in nachstehender Figur:



Die Fallrichtung aller Pendel ist gleich; sie erhalten also eine gleiche Geschwindigkeit, und in Folge dieser gleichen Fallgeschwindigkeit wird der Raum, den beide Pendel in derselben Zeit durchlaufen, ein gleicher sein müssen.

In derselben Zeit, in welcher das längere Pendel β den Raum von A nach F durchläuft, wird das kürzere Pendel α denselben Raum durch Zurücklegung der Linie von a über f bis zum Punkt b etwa, durchlaufen haben. Das kleinere Pendel hat einen engeren Fallraum, einen kürzern Weg, und kommt deshalb öfter in die günstigere Fallrichtung (Fallpunkt a und b), als dies beim längeren Pendel der Fall ist, was nothwendig seine größere Schnelligkeit bewirken muß.

4.

Einfluß der Localität auf die Dauer der Pendelschwingungen.

Die Fallrichtung und Fallgeschwindigkeit aller Pendel ist also gleich, ihre Geschwindigkeit müßte demnach überall dieselbe sein, da

die Localität hierauf keinen Einfluß üben kann, und doch ist dem nicht so; denn es ist ferner Erfahrungssache, daß an einzelnen Orten der Erde mehr Schwingungen in den Zeitraum von einer Minute fallen, an andern Orten weniger als bei uns.

Die Intensität der Schwerkraft wird als Ursache dieser Erscheinung angegeben, indessen offenbar unrichtig; denn man findet dieselbe Fallkraft, ob das Pendel aus Blei oder Holz gebildet ist. Zur Erklärung dieser Erscheinung muß man also anderweitigen Aufschluß suchen, und dieser Aufschluß läßt sich auch hier finden, wenn man die Sache aus dem richtigen Gesichtspunkte betrachtet. Die etwas willkührliche Annahme, nach welcher den Körpern Schwerkraft beigelegt wird, zeigt sich hier schon nicht mehr als stichhaltig, man muß deshalb aus der Grundlehre von der Attractionskraft andere Consequenzen herleiten, denn in der Attractionskraft der Erde liegt offenbar der Grund dieser Erscheinung.

Wenn man den Grundsatz im Auge behält, daß alle Erdmolekule in ihrer Gesammt-Einwirkung die Erscheinungen hervorrufen, welche man der Schwerkraft beizulegen pflegt, so wird man zugleich zu dem Schlusse kommen, daß diese Einwirkung auf den zu beobachtenden Körper sehr verschieden sein kann, und zwar in Betracht seiner Lage zu den übrigen Erdmolekulen.

Dieses räumliche Verhältniß hat in doppelter Beziehung Einfluß, nämlich:

1) bei größerer Annäherung des Körpers an den Erdmittelpunkt;

2) in Betracht der Qualität und der Quantität der dem Pendel zunächst liegenden Erdmolekule.

In ersterer Beziehung kann es keinem Zweifel unterliegen, daß ein Körper bei größerer Annäherung an den Erdmittelpunkt an Schwere verlieren muß. Diejenigen Erdmolekule, welche ihn in anderer Richtung umgeben und auf ihn einwirken, schwächen hierdurch die Einwirkung der Resultirenden; der Körper wird weniger stark nach der

normalen Fallrichtung gezogen, sein Fallen muß langsamer erfolgen. Der Verlust der Fallkraft (im gewöhnlichen Leben Gewicht oder Schwere genannt) würde sich zwar durch eine gewöhnliche Wage nicht ermitteln lassen, da der abzuwägende Körper sowohl als das auf der andern Wagschale befindliche Gewicht gleichmäßig an Schwere verlieren, durch eine nach andern Unterlagen construirte Wage, nämlich eine solche, wo durch Druck oder Federkraft das Gewicht bestimmt wird, ließe es sich aber wohl finden.

Die Attractionskraft der Erde kann demnach bei größerer Annäherung an den Erdmittelpunkt nur schwächer einwirken, und die Bewegung des Pendels muß nothwendig langsamer werden.

Dieselbe Erscheinung kann auch die Beschaffenheit der dem Pendel zunächst gelegenen Erdmolekule bewirken. Es unterliegt nämlich keinem Zweifel, daß die dem Pendel zunächst liegenden Erdmolekule eine größere Attractionskraft auf dasselbe äußern müssen, als die hundert und tausend Meilen davon entfernten. Sind nun die dem Pendel zunächst liegenden Molekule ihrer Beschaffenheit nach mehr zur Anziehung geeignet, oder sind sie auch nur in größerer Quantität vorhanden als an andern Orten, wo Höhlen &c. vorhanden sind, so wird die Attractionskraft stärker einwirken, die Bewegung des Pendels mithin schneller sein.

Man sollte freilich meinen, dieselbe Erklärung ließe sich auch durch Beilegung der Schwerkraft herleiten; dem ist aber keineswegs so, denn schon die Beobachtung unter der Luftpumpe lehrt, daß das, was man Intensität der Schwerkraft nennt, keinen Einfluß auf die Fallkraft hat. Der leichte Körper fällt ebenso schnell wie der schwere; er muß aber offenbar schneller fallen, wenn die Kraft, die sein Fallen überhaupt bewirkt, in größerem Maße vorhanden ist, und ergiebt sich hieraus zur Genüge, daß das Wort Schwerkraft, streng genommen, eine ganz überflüssige Benennung ist, welche nur zur Verdunkelung der Vorstellungen führen kann. In so weit dieser Ausdruck im Verfolg des Vortrages gebraucht wird, ohne mit der richtigen Benennung

Fallkraft vertauscht zu werden, wolle der Leser darunter nur den Inbegriff derjenigen Erscheinungen verstehen, welche man der Schwerkraft zuzuschreiben pflegt.

Die vorstehenden Andeutungen dürften genügen, die Wichtigkeit des Pendels mehr herauszustellen. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß sich mittelst dieses Instrumentes genaue Angaben über die Abnahme der Erd-Attractionskraft bei Entfernung von der Erdoberfläche und über deren Grenzen überhaupt finden lassen, daß es über die Attractionskraft des Wassers 2c., welche jedenfalls von der der festen Erdmolekule verschieden sein wird, und über andere wissenschaftliche Fragen vollständigen Aufschluß giebt, wenn es erkannt und richtig benutzt wird, wozu die Folge dieser Abhandlung Gelegenheit bieten wird. Es wird in diesem Falle auch den Irrthum, den es selbst vielfach veranlaßte, nicht nur beseitigen helfen, sondern bereitwillig die richtigen Wege und Lichtpunkte anzeigen, denn je mehr man das Pendel kennen lernt, desto wunderbarer muß es erscheinen.

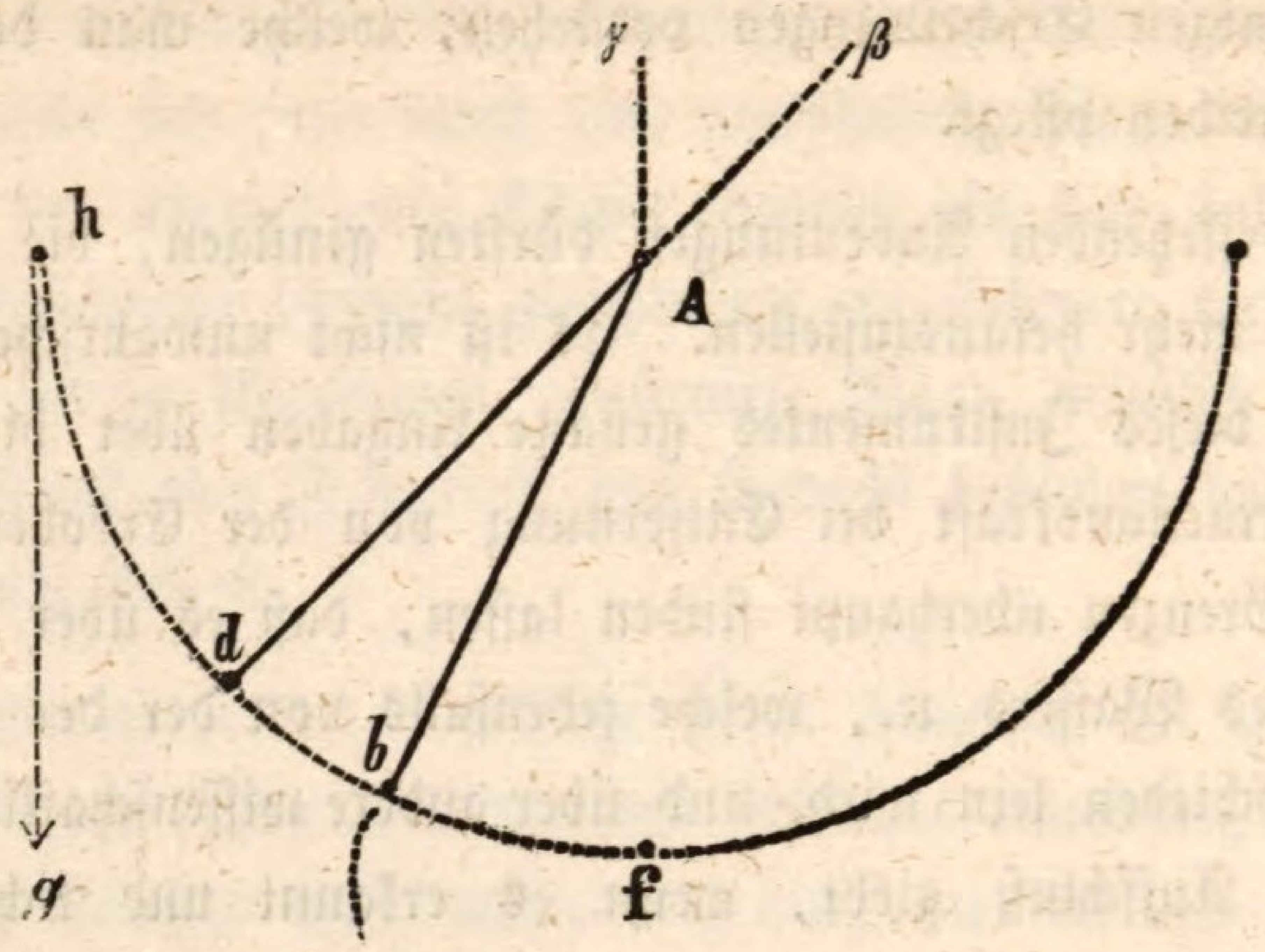
Die Lösung des Pendelräthsels benimmt dem Pendel nichts von seinem Interesse, aber sie bietet ein weites Feld der geistigen Thätigkeit.

5.

Charakteristik der Stützvorrichtung des Pendels im Allgemeinen.

Es ist bereits gezeigt, daß die Schwere des Pendels im Zustande der Ruhe beseitigt, dessen Schwerpunkt gestützt, oder, was dasselbe ist, daß der Erd-Attractionskraft mechanische Hindernisse in den Weg gestellt seien, vermöge deren eine Bewegung nicht erfolgen könne. Bei der Bewegung ist die Schwere auch stets in so weit gestützt, als es nöthig ist, um sie für jede andere als die durch den Pendelmechanismus bedingte Bewegung zu beseitigen, und für den Augenblick, in welchem das Pendel im Pausenpunkt steht (dem bei der Bewegung von ihm erreichbaren höchsten Punkt), ist die Schwere zuweilen zwar gar nicht gestützt, aber dennoch beseitigt und unwirksam.

Erklärung und Beweis:



A bedeutet die Spirale, durch welche das Pendel gestützt ist, d den höchsten bei der aufsteigenden Bewegung erreichbaren Punkt. Wenn das Pendel den Punkt d erreicht hat, dann wirkt, freilich nur für den Augenblick, keine Kraft darauf ein, die es entweder nach h weiter treiben, oder nach f zurückführen könnte. Die Wirkung des Pendelmechanismus, welcher das Pendel seinem normalen Ziele entführte, wird in diesem Augenblick durch die Attractionskraft der Erde neutralisirt. Das Pendel ruht, nachdem seine Fallkraft momentan beseitigt ist, und würde für diesen Augenblick keines Stützpunktes bedürfen.

Diese Behauptung, an sich einleuchtend, findet ihre Bestätigung durch die Wage. Säule und Pendel können in diesem Augenblicke durch die Wage nur das Gesammtgewicht ergeben, welches die Säule allein hat; das Gewicht des Pendels fällt auch empirisch fort, und es ist in diesem Pausenpunkte das Pendel einem isolirten Körper vergleichbar.

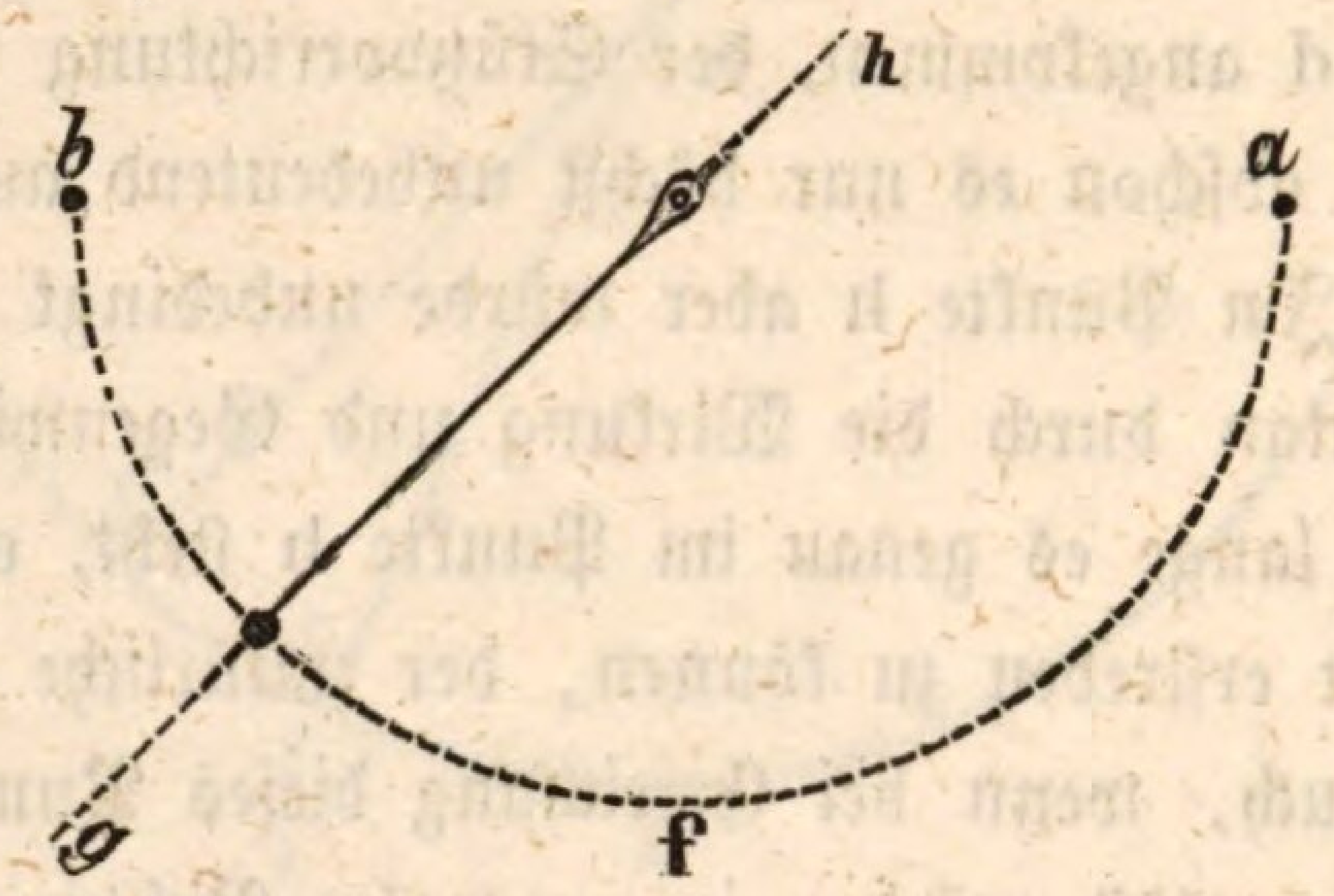
Ein ganz vollständiger Wegfall der Schwere des Pendels würde indessen bei dem Punkte d der vorstehenden Figur noch nicht eintreten, weil in diesem Punkte die Stützvorrichtung immer noch ein wenig durch die Schwere des Pendels belastet werden muß, obschon weniger, als in allen dem Punkte f näher liegenden Punkten. Denn die Erd-Attractionskraft wirkt auch noch im Punkte d in derartiger Richtung

auf das Pendel ein, daß die weitere Fortbewegung des Pendels in der eingeschlagenen Richtung und die Erd-Attractionskraft sich nicht direct entgegentreten, daß sich vielmehr die aus beiden Einwirkungen ergebende Resultirende in der Art bemerkbar und geltend macht, daß das Pendel, in d angekommen, der Stützvorrichtung immer noch nicht ganz entbehren, obschon es nur höchst unbedeutend auf die Pendelsäule drücken kann. Im Punkte h aber würde unbedingt alle Schwere des Pendels momentan durch die Wirkung und Gegenwirkung wegfallen. Es ist hier, so lange es genau im Punkte h steht, ohne einen höher gelegenen Punkt erstreben zu können, der natürliche Ruhepunkt; deshalb muß es auch, wenn bei Erreichung dieses Punktes der Pendelverband plötzlich gelöst würde, in normaler Richtung von h nach g zur Erde fallen, — ein sicheres Zeichen, daß keine auf Bewegung abzielende Kraft auf dasselbe einwirkte. Wird aber der Pendelverband gelöst, ehe das Pendel den Pausenpunkt erreicht, z. B. im Punkte b, so fällt es nicht normal zur Erde, sondern in der bei b angedeuteten Bogenlinie. Die erste Richtung, welche die Falllinie nach Lösung des Pendelverbandes andeutet, die Lage der Pendelschnur zur Pendelkugel, bestimmt die Lage des Stützpunktes. Im concreten Falle würde es für die in b befindliche Pendelkugel derjenige Punkt sein, in welchem die Verlängerung von β die Spirale trifft, wie es bei der Pendelruhe in f derjenige Punkt ist, welchen die Verlängerung von γ aus andeutet.

Je näher das Pendel bei der Bewegung am Punkte f sich befindet, um so stärker muß die Wirkung sein, welche Pendel und Säule zusammen auf die Wagschale äußern, denn zur normalen Schwere (normalen Fallkraft des Pendels), wie sie im Zustande der Ruhe vorhanden, tritt noch die durch die entsprechende Fallrichtung hinzukommende größere Fallkraft, und wirkt in einer der normalen Richtung der Fallkraft entsprechenden Art auf die Wage, ganz so, wie ein Gewicht, welches man auf die Wagschale fallen läßt, mehr einwirkt, als ein solches, welches behutsam darauf gestellt wird.

Höchst auffallend muß es für jeden denkenden Menschen sein, daß eine so bedeutende Aufsteigung beim Pendel vom Punkte f, dem künst-

lichen Ruhepunkte, stattfindet, wie man sie bei jedem Pendel bemerkt, und noch wunderbarer erscheint es, daß diese aufsteigende Bewegung erfolgt, da doch die Schwere des Pendels, auch bei der Bewegung, vollständig gestützt ist.



Ein Pendel, welches vom Punkte a aus fällt, erreicht auf der andern Seite ungefähr den Punkt b.

Bei der aufsteigenden Bewegung da angekommen, wo es die vorstehende Figur zeigt, ist seiner Fallkraft durch den Pendelmechanismus eine solche Richtung gegeben, daß es vermöge der Resultirenden auf den Punkt g zu fallen will. Die Verlängerung von h deutet den Pendel-Stützpunkt an; demungeachtet erfolgt die Fortbewegung des Pendels nach b.

Die Lösung dieser Frage ist meines Wissens nicht versucht, die Frage selbst vielleicht gar nicht aufgeworfen worden, und ebenso wenig hat man die ungewöhnlich starke Aufsteigung des Pendels in irgend einer befriedigenden Weise erklärt und erörtert.

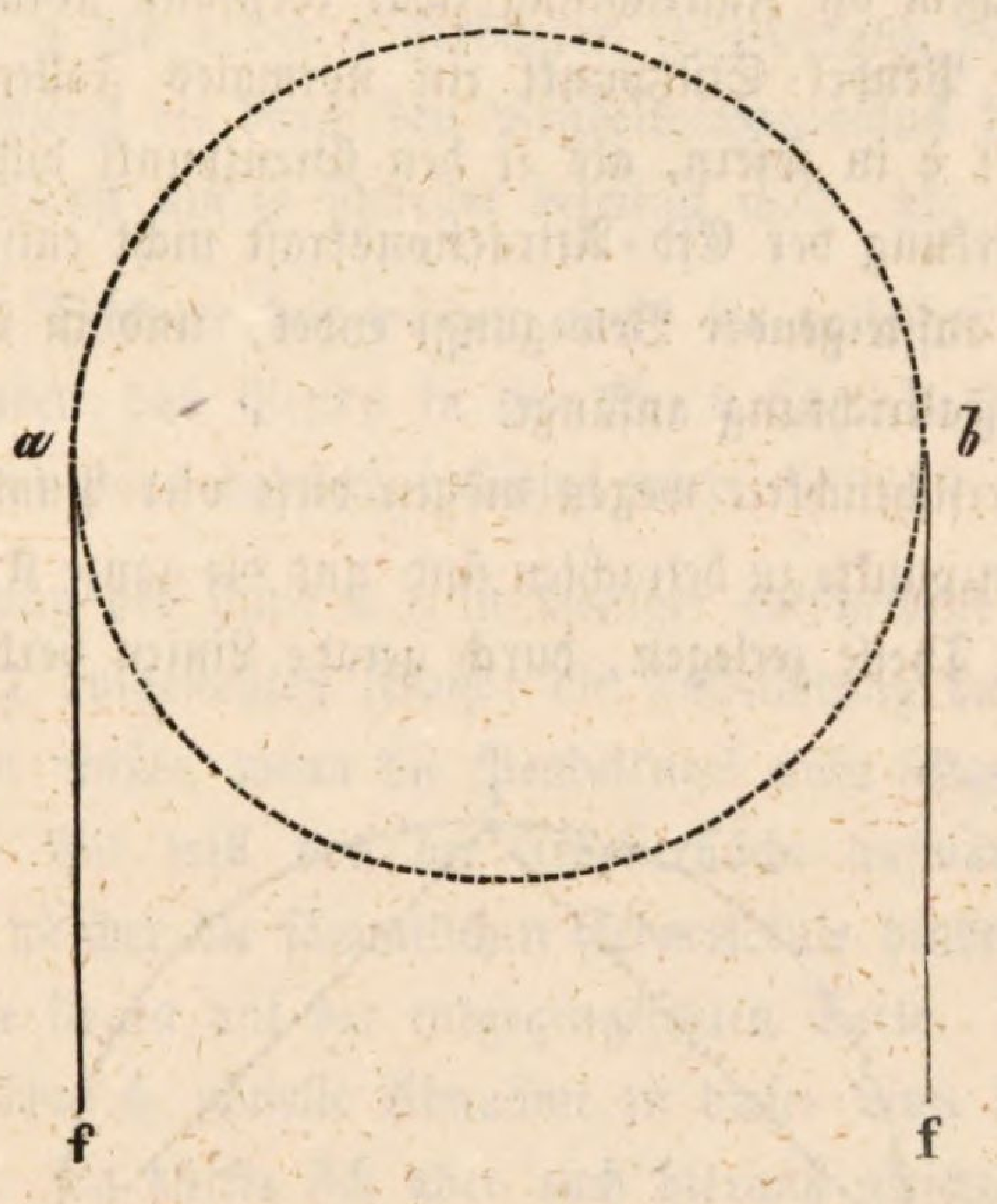
Es liegen hier Geheimnisse vor, deren Lösung allerdings schwierig ist, und um sie lösen zu können, muß man das Pendel sehr genau und aufmerksam betrachten, und zwar von allen Seiten, mit allem Zubehör.

6.

Kritik der Pendelbewegung im Allgemeinen; Centrifugalkraft (?).

Als äußerste Grenze der Pendelbewegung wurde der Kreis bezeichnet, und diese Bezeichnung bedarf zuvörderst der nähern Erklärung.

Bei Betrachtung eines solchen Vertikal-Kreises fallen sofort zwei Punkte auf, in welchen der Pendelmechanismus anscheinend, wenn auch nur momentan, gestört wird, nämlich die Punkte a und b der nachstehenden Figur.



Im Uebrigen würde der Pendelmechanismus auch für den obern Halbkreis mittelst eines aus einer festen Metallstange bestehenden Hebels nothdürftig herzurichten sein, die beiden Punkte a und b aber müssen immer störend einwirken, da in diesen Punkten die natürliche Fallrichtung, wie sie die Linien a f und b f bezeichnen, mit der durch den Pendelverband gegebenen Fallrichtung übereinstimmt. Es muß also in diesen Punkten die Schwere vollständig frei werden, ein Umstand, der bei ansteigender Bewegung störend einwirkt.

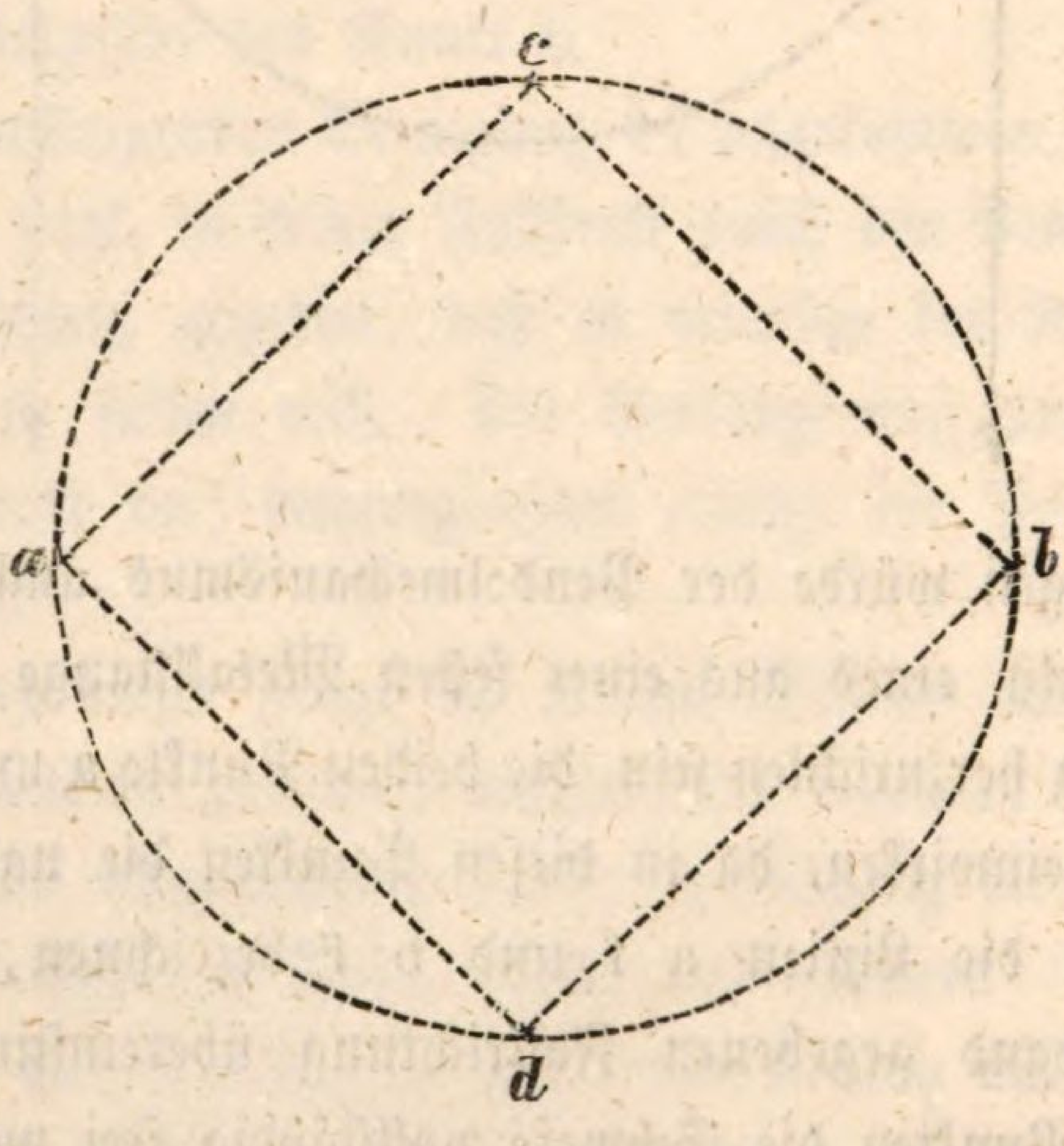
Dies scheint man auch gefühlt zu haben, weshalb denn die Pendelbewegung nur auf den noch nicht vollen untern Halbkreis beschränkt zu werden pflegt.

Hier, wo es sich darum handelt, das Pendel kennen zu lernen, und nicht Pendelexperimente zu zeigen, die der zu beweisenden Sache gerade bequem zu sein scheinen, würde man es noch nicht halb kennen,

wenn man es nur von der einen Seite betrachtete, da die andere Seite auch dazu gehört und ganz besonders geeignet ist, Aufschluß zu geben.

Bei weiterer Betrachtung der ganzen Vertikal-Kreisschwingung fallen noch die Punkte d und c auf; der erstere als der feste Ruhepunkt, in welchem die Fallrichtung zwar ebenfalls normal ist, in welchem aber der Pendel-Stützpunkt ein normales Fallen nicht zuläßt, und der Punkt c in sofern, als er den Grenzpunkt bildet, in welchem die der Einwirkung der Erd-Attractionskraft nicht entsprechende Fallrichtung (bei aufsteigender Bewegung) endet, und in welchem die ihr entsprechende Fallrichtung anfängt.

Der Uebersichtlichkeit wegen mögen diese vier Punkte, welche als natürliche Grenzpunkte zu betrachten sind und die ganze Kreisschwingung in vier gleiche Theile zerlegen, durch gerade Linien verbunden werden.



Betrachten wir nun den Fallraum vom Punkte b bis d, so entspricht er der Länge und Richtung nach dem Fallraume d a. Der Fallraum c b (es wird ein Pendel mit unbiegsamem Hebel vorausgesetzt) entspricht auch genau der Linie a d, seiner Parallele, muß also auch dem Fallraum b d entsprechen.

Daraus kann man aber keinesweges weiter folgern, daß der Fallraum von c über b bis d auch dem Fallraume von d über a bis c

entspräche, obschon die Linien b d und c a ebenfalls parallel laufen. Bei der aufsteigenden Bewegung von a nach c ist nämlich das Pendel in einen unüberwindbaren Nachtheil versetzt, weil:

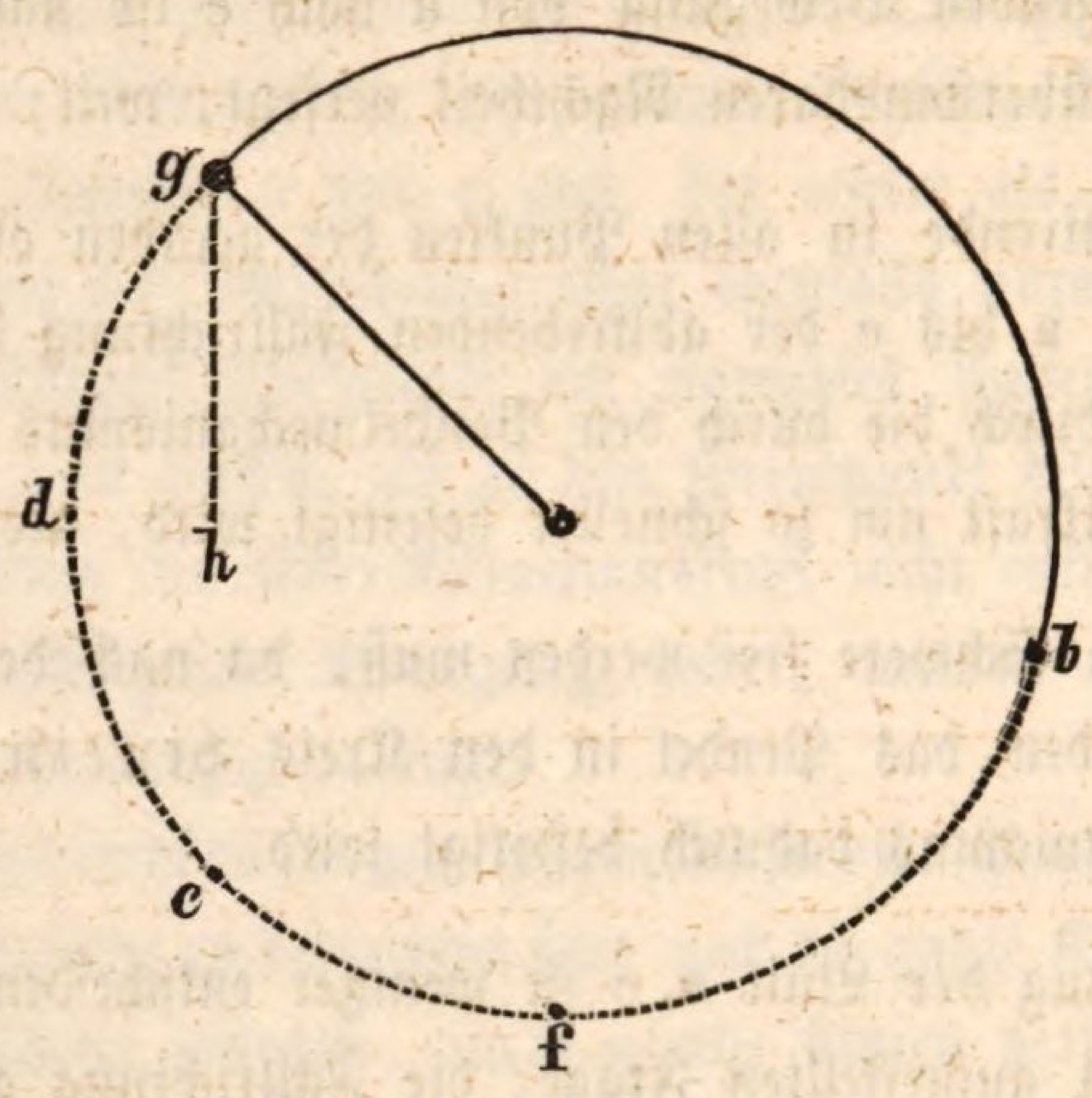
1) die Resultirende in allen Punkten der geraden oder der Bogenlinie von a bis c der abstrebenden Fallrichtung direct entgegenwirkt, wodurch die durch den Pendelmechanismus künstlich abgelenkte Fallkraft um so schneller beseitigt wird, als

2) in so fern Schwere frei werden muß, da nach der Richtung der Resultirenden das Pendel in den Kreis hineingezogen und der Mechanismus dadurch beseitigt wird.

Die Richtung der Linie a c ist weniger entscheidend bei Prüfung der unter Nr. 1 aufgestellten Frage; die Fallrichtung auf dieser Linie, wie sie eintreten müßte, wenn die Pendelkugel nicht festgehalten würde, ist maßgebend. Sie will von der Erdoberfläche aufwärts streben — eine Richtung, welcher die sämmtlichen Erdmolekule hindernd entgegentreten, denn sie liegen auf der entgegengesetzten Seite. Daher erklärt sich die ungewöhnlich schnelle Abnahme in dieser Linie bei aufsteigender Bewegung. Es dürfte sich aber auch hieraus gleichzeitig schon ergeben, daß eine Kraft, welche auf die Benennung „Centrifugalkraft" Ansprüche erheben könnte, nicht existirt; zum Ueberfluß mag nachstehendes Experiment diese Behauptung unterstützen:

Ein mittelst eines Fadens gebildetes Pendel wird im Punkte b mit Zugabe einiger künstlichen Fallkraft in Bewegung gesetzt. Vermöge seiner durch künstlich beschleunigte Bewegung erhöhten Fallkraft erhebt es sich mit Beschreibung der gewöhnlichen Kreislinie von b über f c d bis zum Punkte g etwa.

Gäbe es nun eine Centrifugalkraft, so müßte das Pendel dieselbe Kreislinie, in der es aufsteigend fiel, auch wieder zurückfallen; da es aber eine solche Centrifugalkraft nicht giebt, und nicht geben kann, so wird es, wie in der Wirklichkeit auch stets geschieht, in normaler Richtung nach dem Punkt h zu fallen.



Alles, was man als Wirkung der Centrifugalkraft zu bezeichnen pflegt, läßt sich mit größter Bestimmtheit als Wirkung der Erd-Attractionskraft und des Pendelmechanismus darlegen. Man fand dergleichen Erscheinungen auch wirklich nur, wo Draht und Faden im Spiele sind, und nur ein vollständiges Verkennen des Pendels kann dergleichen unwissenschaftliche und unlogische Ausführungen bemänteln. Das Centrum ist immer nur ein ganz willkührlich gegebener Kreis, und schon deshalb nicht einzusehen, wie dieser willkührliche Kreismittelpunkt für Bewegungen normgebend oder deren Ziel sein kann, wenn der Körper mit diesem Centrum nicht in mechanischer Verbindung steht.

Das Pendel wird bei allen Bewegungen, und so lange eine künstliche Fallgeschwindigkeit da ist, eine Neigung verrathen, dem Kreise zu entfliehen, der sehr einfache Grund dieser Erscheinung liegt aber darin, daß sein normales Ziel, der Erdmittelpunkt, außerhalb dieses Kreises liegt, und daß sein künstlicher und willkührlicher Haltepunkt innerhalb dieses Kreises liegt; und in so fern es durch den Pendelmechanismus nicht gehindert wird, den geradesten und natürlichen Weg einzuschlagen, wird es nicht Anstand nehmen den Kreis zu durchbrechen, wie eben gezeigt worden. (Vgl. Schwungkraft bei Nr. 38).

7.
Centripetalkraft (?)

ist in natura nicht vorhanden. Diese Benennung ist vielmehr anzusehen 1) als rabulistischer Kunstgriff, 2) als eins der vielen unnützen Producte der Pedanterie, die wie Unkraut wuchern und das Gedeihen der Pflanzen hindern, indem sie ihnen Licht und Nahrung entziehen. Das Wort ist aber sehr geeignet, die Wirkungen der Centrifugalkraft da, wo sie anfangen unbequem zu werden, wieder zu beseitigen; und Leute, die dieses Wort benutzen, täuschen Andere, wenn sie es im Sinne sub 1 gebrauchen, indem sie ihnen dadurch etwas beweisen wollen, was sie selbst nicht verstehen, wie sie auch recht gut wissen; diejenigen dagegen, die es in gar keinem Sinne, sondern in der Wortbedeutung sub 2 nehmen, täuschen sich selbst und glauben etwas zu wissen, weil sie es durch ein unverständliches Wort beweisen können.

Wie man das Wort „Centripetalkraft" auch auffassen möchte, ein Sinn läßt sich nun einmal damit nicht verbinden, zumal in Betracht der daneben geduldeten Benennungen: Trägheit, Schwerkraft, Centrifugalkraft, Schwungkraft u. s. w.

Genauer betrachtet, bedeutet es soviel als:

eine Sache, die gehörig festgebunden ist, kann sich selbst nicht wieder losbinden, und deshalb nicht weiter entfernen, als es die Kette oder das Band erlaubt, und ein Pendel, an einen unbeweglichen Gegenstand festgebunden, kann sich von dem Stützpunkte, seinem Centrum, wo es angebunden wurde, nicht weiter entfernen, als um die Länge des Bandes oder der Kette.

In dieser Bedeutung wäre es allerdings unschuldiger Natur, aber immerhin entbehrlich, und da ich nicht in die Lage zu kommen gedenke, welche eine wissenschaftliche Nothlüge etwa entschuldigen könnte, so beabsichtige ich weiter keinen Gebrauch von diesem Worte zu machen.

Es ist zu bedauern, daß geistige Ueberanstrengung sonst um die Wissenschaft hochverdiente Männer zu solchen Verirrungen führen konnte, und daß dergleichen Lehren Anhänger finden!

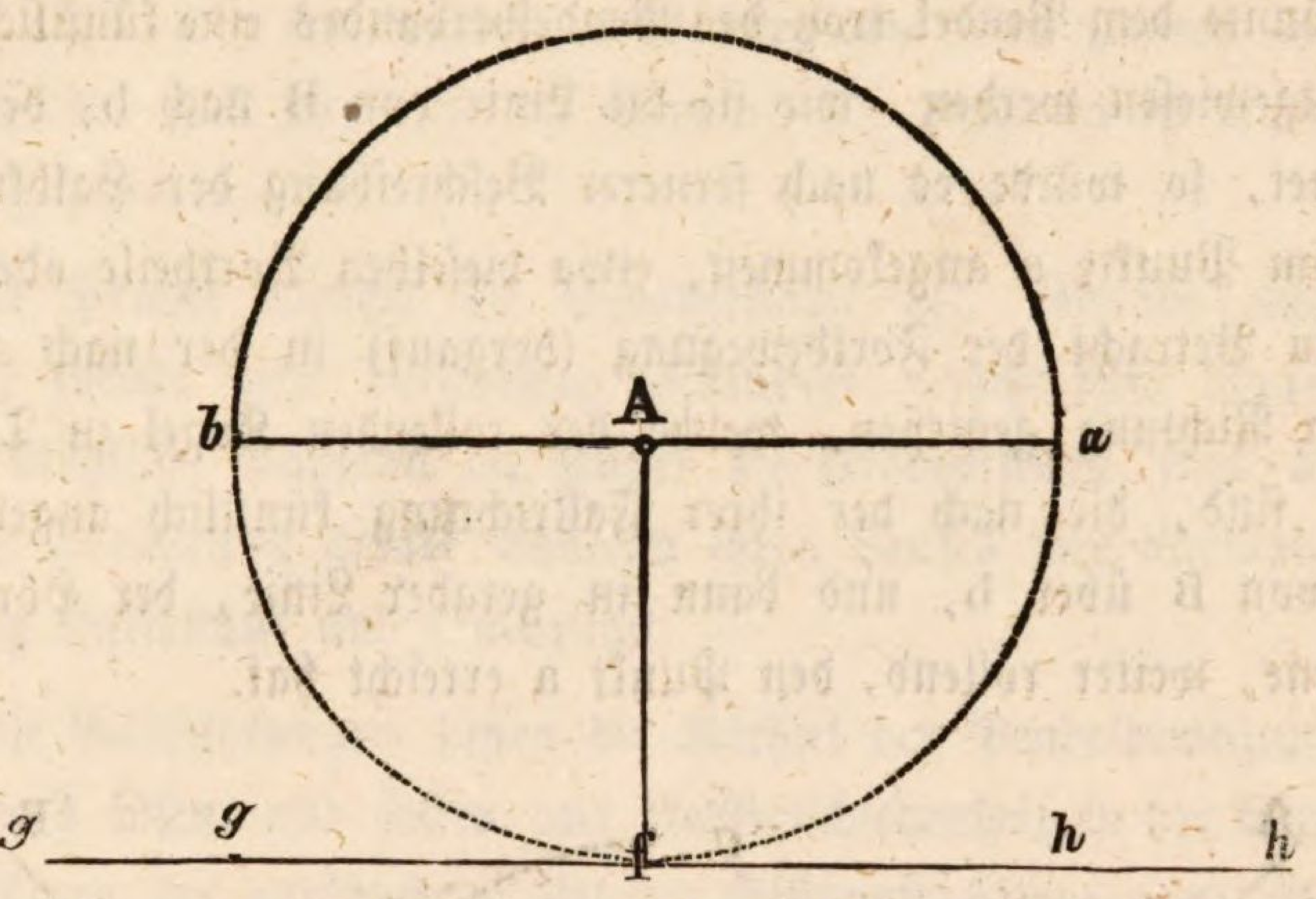
8.
Das Exceptionelle der Pendelbewegung.

Die Bewegung des Pendels ist von je her einer bergauf und bergab rollenden Kugel, oder einer in der innern Fläche einer großen Hohlkugel herumrollenden Kugel verglichen worden, mit der Behauptung, daß beider Bewegungen auf gleichen Grundsätzen beruhen, und daß nur in Betreff der Friction das Pendel im Vortheile sei. Die absteigende Bewegung des Pendels bis zum Ruhepunkte wird hierbei der bergab erfolgenden Bewegung der Kugel gleichgestellt und daraus gefolgert, daß auch die Aufsteigung des Pendels vom Ruhepunkte an der ansteigenden Kugel gleich sei.

So lange dergleichen Ansichten durchlaufen können, wird die Wissenschaft schwerlich auf einen andern Standpunkt gelangen, als derjenige ist, auf dem sie sich zur Zeit befindet.

Die Bewegung beider Körper läßt sich im Allgemeinen vergleichen, wenn es sich darum handelt, die Kraft zu zeigen, welche die Fortbewegung bewirkt, auch da, wo anscheinend die Erd-Attractionskraft der Fortbewegung nicht entsprechend ist; im Uebrigen erscheint der Vergleich nur dem körperlichen Auge passend, das schärfer sehende geistige Auge, der Verstand, kann ihn nicht als passend anerkennen.

Man darf nicht vergessen, daß die Schnur des Pendels auch mit zum Pendel gehört, daß der Theil des Pendels, welcher das Stützen bewirkt, ein sehr wesentlicher Theil des ganzen Pendels und von diesem untrennbar ist, welcher also in nachstehender Figur im Punkte A beginnt.

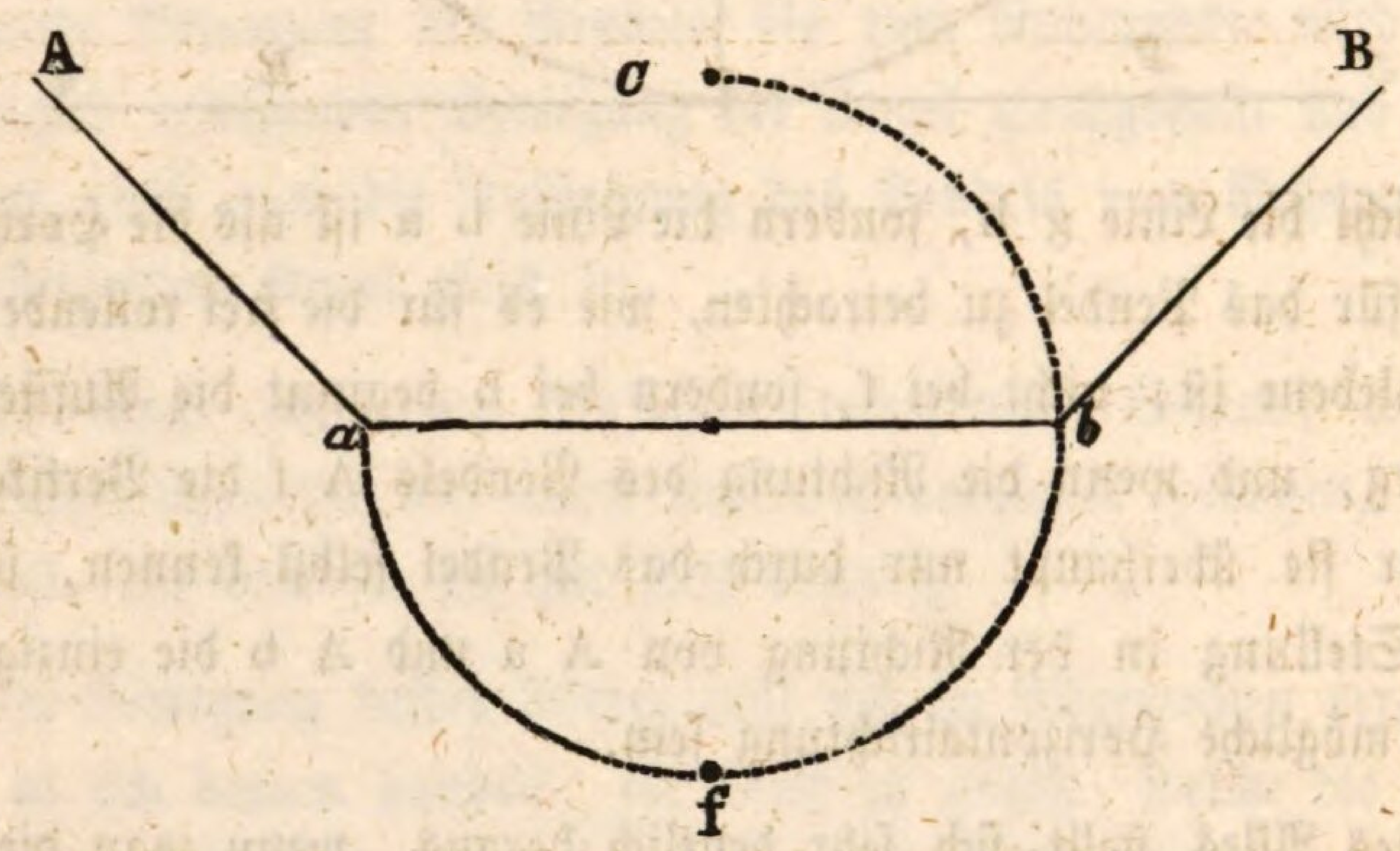


Nicht die Linie g h, sondern die Linie b a ist als die Horizontal-Ebene für das Pendel zu betrachten, wie es für die frei rollende Kugel die Thalebene ist; nicht bei f, sondern bei b beginnt die Aufsteigung, der Berg, und wenn die Richtung des Pendels A f die Vertikale ist, wie wir sie überhaupt nur durch das Pendel selbst kennen, so wird dessen Stellung in der Richtung von A a und A b die einzige dem Pendel mögliche Horizontalrichtung sein.

Dies Alles stellt sich sehr deutlich heraus, wenn man die Fallrichtung des Pendels bei der Bewegung betrachtet. In allen Punkten der auf- oder absteigenden Linie von f nach b, oder b nach f, ist die natürliche Fallkraft des Pendels so gerichtet, daß das Pendel, von seinem Stützpunkte aus betrachtet, auf die Erde zustrebt, während diese Richtung im Punkte b erst mit der Erdoberfläche parallel läuft, und vom Punkte b aufwärts, von der Erde abstrebt. Ebenso strebt die Kugel beim Beginne des Heraufrollens am Berge von der Horizontalebene ab.

Will man demgemäß die Pendelbewegung, durch ein Bild versinnlicht, der Bewegung einer zwischen zwei Bergabhängen rollenden Kugel genauer anpassen und dem Auge versinnlichen, so mag dazu die nachstehende Figur dienen, welche zugleich geeignet ist, den Unterschied in den Bewegungen beider Körper mehr hervorzuheben:

Könnte dem Pendel trotz des Pendelverbandes eine künstliche Falllinie angewiesen werden, wie sie die Linie von B nach b, der Berg, bezeichnet, so würde es nach fernerer Beschreibung der Halbkreislinie b f a im Punkte a angekommen, etwa dieselben Vortheile oder Nachtheile in Betracht der Fortbewegung (bergauf) in der nach A angedeuteten Richtung genießen, welche der rollenden Kugel zu Theil geworden sind, die nach der ihrer Fallrichtung künstlich angewiesenen Bahn von B über b, und dann in gerader Linie, der Horizontal-Thalebene, weiter rollend, den Punkt a erreicht hat.



Die Vorrichtung, welche eine Bewegung des Pendels, wie sie die Linie B b bezeichnet, erzwingt, ist selbstredend nicht möglich, vielmehr ist die Kreislinie C b die allein mögliche und der Linie B b entsprechendste Pendelbewegung, wobei natürlich ein Pendel mit unbiegsamem Hebel vorausgesetzt wird.

Bei der Linie C b ist aber wieder ein natürlicher Stützpunkt des Pendels schwieriger, und deshalb ist das Pendel bei der aufsteigenden Bewegung, welche nach dem Vorhergehenden von den Punkten a und b aufwärts gerechnet werden muß, der rollenden Kugel gegenüber in demselben Verhältnisse im Nachtheil, wie es bei der absteigenden Bewegung im Vortheile ist.

Die Kugel behält nämlich während ihres ganzen Laufes ihren Stützpunkt da, wo sie die Erde berührt, deshalb kann die Schwere

niemals vollständig frei werden, was hingegen beim Pendel im obern Halbkreise der Fall ist, und wo Schwere frei wird, da ist die Pendelbewegung gestört.

Das Pendel berührt die Erdoberfläche nie. Gerade eine Vorrichtung, welche diese Berührung verhindert, macht seine längere Bewegung möglich, während die Kugel die Erdoberfläche stets berührt, und diese Berührung gerade während ihres Laufes ihre anomale Fortbewegung unterstützt und ermöglicht.

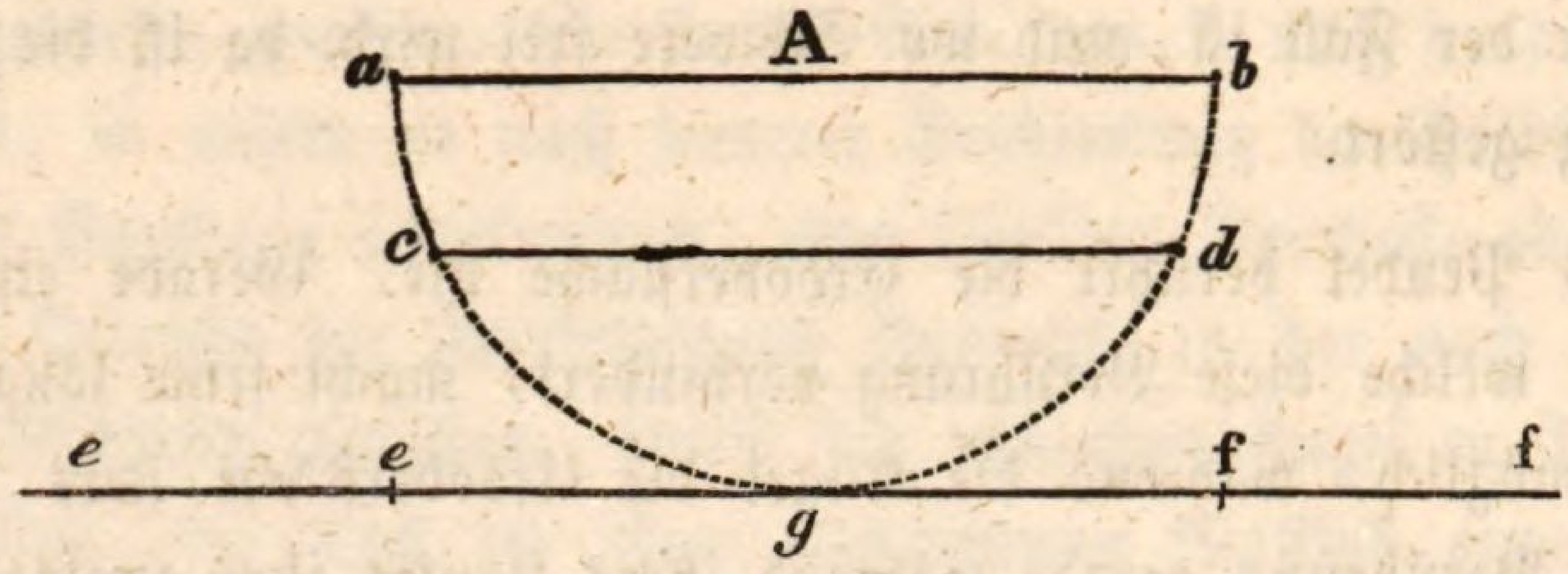
Diese Ausführungen lassen die Räthsel der Pendelbewegung noch keinesweges lösen, und sollen nur die Verschiedenheit in der Bewegung beider Körper, die verschiedene Art der Stützvorrichtung ganz allgemein hervorheben, und zugleich nachweisen, daß die zur Zeit geltenden Vorstellungen von der Schwerkraft unrichtig sind.

9.

Pendel-Horizontale.

Wenn man es nicht eben genau nehmen will, dann könnte man freilich auch eine Pendel-Horizontale in irgend einer andern der Linie b a parallel laufenden Linie des unteren Halbkreises suchen, wo im Uebrigen dieselben Bedingungen vorhanden sind. Selbst der Umstand, daß der Stützpunkt des Pendels, mithin der Theil des Pendels selbst, der das ganze Pendel hält, nicht in die dieser Horizontalen entsprechende Lage gebracht werden kann, würde die Existenz einer solchen Horizontalen noch nicht beseitigen können; aber ein wesentliches und unumgänglich nothwendiges Erforderniß besteht immer darin:

daß diese Horizontale durch die mögliche Verbindung zweier Punkte mittelst einer Horizontal-Linie gedacht wird, nämlich zwei solcher Punkte, welche dem Pendel erreichbar sind, von welchen aus es fallen kann.



A ist der Pendelstützpunkt.

Ein Pendel, welches vom Punkte a fällt, hat die Linie a b zur Horizontalen; für ein aus dem Punkte c fallendes Pendel würde die Linie c d Horizontale sein können; eine Horizontale in der Linie e f ist aber vollständig unmöglich, denn das Pendel kann nur einen Punkt dieser Linie berühren, darin also keinen Fallraum gewinnen. Es ruht nach beendigter Bewegung nicht im Punkte g, sondern im Punkte A, denn das ist ja sein Stützpunkt; bei einer dem Pendelverband nicht unterworfenen Kugel ist dies aber ganz anders; diese ruht im Punkte g, und wie die Linie e f die natürliche Horizontale für die Kugel, und der Punkt g ihr natürlicher Stützpunkt ist, so wird für die Pendelbewegung die Horizontal-Verbindung der Punkte a b als die natürliche Horizontale anzusehen sein, in welcher auch ihr wirklicher Stütz- und Ruhepunkt, der Punkt A, liegt.

Vorstehende Ausführung ist so überzeugend, daß es keiner weitern Worte bedarf.

Die hieraus weiter abzuleitenden Folgerungen sind zwar überraschend, jedoch durchaus richtig, und zur Ertheilung eines wesentlichen Aufschlusses geeignet. Nämlich:

wenn c d die Horizontale für das Pendel ist, so würde auch eine Vertikalschwingung, bei welcher das Pendel selbst diese beiden Punkte in der Wirklichkeit durch die Kreislinie c g d verbindet, als eine Horizontal-Bewegung anzusehen sein.

Und in der That, eine solche Pendelschwingung ist, insoweit sie in der angegebenen Ausdehnung überhaupt erfolgen kann, einer

Horizontal-Bewegung im freien Raume fast vollständig gleich zu achten.

Denn der Pendelverband bewirkt den Fall des von c fallenden Pendels nach dem Punkt d hin erfahrungsmäßig, und dies ermöglicht er dadurch, daß die Fallkraft (Schwere) des Pendels, insoweit sie dieser Richtung hinderlich scheint, durch die Stützvorrichtung nicht nur beseitigt, sondern selbst für diese Fallrichtung wirksam gemacht wird.

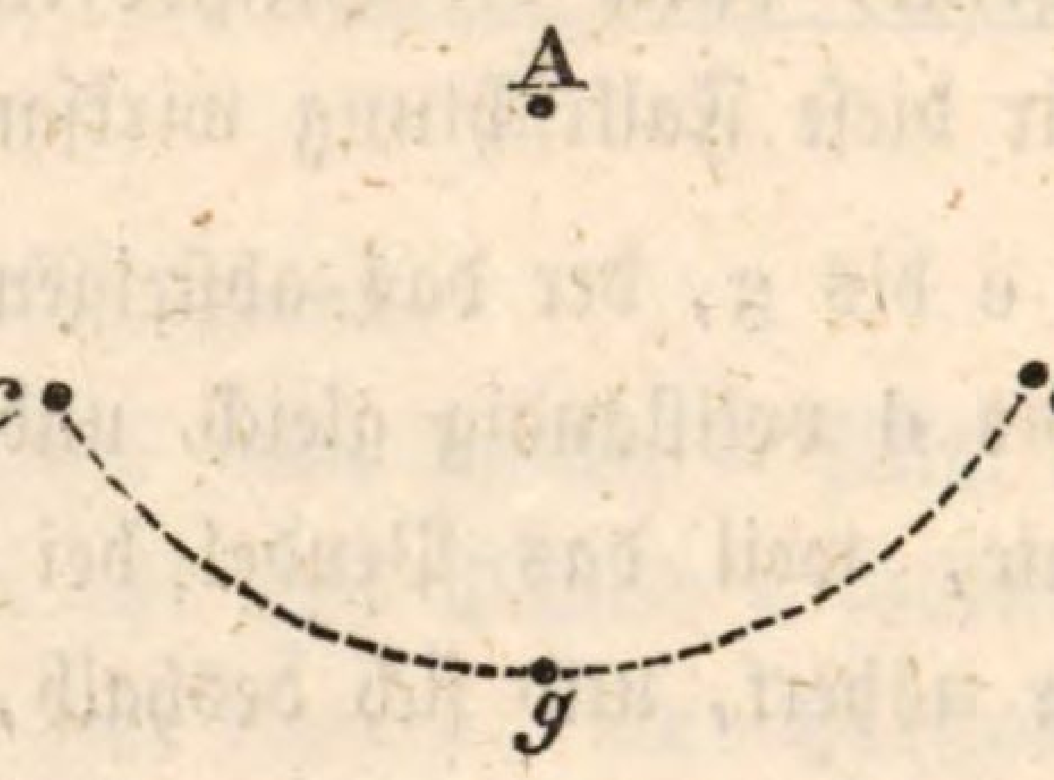
Der Raum von c bis g, der das absteigende Fallen bewirkt, ist dem Raume von g bis d vollständig gleich, und wie die Fallkraft absteigend wirken konnte, weil das Pendel bei dieser Bewegung sich einem isolirten Körper nähert, und sich deshalb, der natürlichen Fallrichtung entsprechend, mehr oder weniger unabhängig von der Pendelsäule, bewegen konnte, so ist dies auch bei der aufsteigenden Bewegung in gleichem Maße der Fall. Auch hier wirkt die erlangte Fallkraft zu Gunsten der Fortbewegung. Die Fallkraft accommodirt sich, wie später ausführlich gezeigt werden soll, der durch den Pendelmechanismus bedingten Leitung und Richtung, und die vorhandene Fallkraft selbst wird hierdurch zur möglichst weitesten Fortbewegung benutzt und fähig gemacht.

Alle Punkte des Kreises liegen in gleicher Richtung neben einander, und wie der Punkt g, der scheinbare Pendelruhepunkt, dem Erdmittelpunkte am nächsten liegt, so werden auch alle Punkte der Kreislinie, welche vom Punkte g aus betrachtet werden, sei es von g bis d oder von g bis c, als in gleichem Verhältnisse und als neben einander liegend, in Hinsicht des Erdmittelpunktes, mithin auch der Resultirenden, anzusehen sein.

Ebenso wäre dies in Betracht desjenigen Punktes der Erde der Fall, in welchem nach den frühern Ausführungen die Erd-Attractionskraft als concentrirend angenommen werden muß, und welchen ich mir der Kürze halber für diese Abhandlung den „Erdpendelpunkt“ zu nennen erlaube, und zwar in strengster logischer oder mathematischer Ausführung gedacht, weil der Erdpendelpunkt sich stets mit der Be-

wegung des Pendels und dieser entsprechend ändern, also in entsprechender Bewegung mit ihm fortlaufen muß.

In welchem Punkte der Bogenlinie c g d sich das Pendel auch befinde, es wird stets in gleicher Entfernung von seinem correspondirenden Erdpendelpunkte liegen.



Auf die gleiche Entfernung kommt es natürlich nicht an, sondern nur das gleiche Verhältniß des Punktes g und der nebenliegenden Punkte zum Erdpendelpunkte ist entscheidend, und dieses gleiche Verhältniß ist nur durch Verbindung der Punkte mittelst einer Kreislinie möglich. Der Punkt g ist der Vertikalpunkt des Pendels, wie ihn das Pendel selbst anzeigt. Er ist deshalb zugleich der (scheinbare) Ruhepunkt, und der Mittelpunkt der künstlichen Pendel-Horizontale. Dies, und die Form der Pendelbewegung, die Kreislinie, ist entscheidend, weil sich nur durch die Kreislinie die wesentlichen Bedingungen herstellen lassen. Eine Verbindung von g nach c und von g nach d durch eine gerade Linie, kann für das Pendel nicht Horizontale sein, und zwar schon deshalb nicht, weil die Entfernung der einzelnen Punkte dieser Linie vom Mittelpunkte der künstlichen Bewegung, vom Pendelstützpunkte, der die Bewegung regelt, und der nur Kreislinien bedingt, ungleichmäßig wäre.

Der Pendelmechanismus bedingt die für ihn allein mögliche Form der Horizontale als Kreislinie auch bei der Vertikalschwingung, wogegen bei der sogenannten Horizontal-Bewegung der von ihm beschriebene Kreis auch für das menschliche Auge der Horizontale näher kommt. Der Pendelverband macht jede andere als die Kreis-Horizontale vollständig unmöglich, denn nur in dieser Form vermag er die natür-

liche Schwere des Pendels fortwährend zu beseitigen; nur in dieser Form vermag er das Pendel fortwährend in demselben Verhältniß zur Resultirenden zu erhalten.

Es kann dem schärfer denkenden Menschen nicht auffallen, daß eine Kreislinie Horizontale sein könne, vielmehr ist eine andere Form der Horizontale überhaupt nicht denkbar, wäre sie auch in der Wirklichkeit vorhanden, soweit nur die Erdkugel Raum bietet.

Der Pendelmechanismus steht in Wechselwirkung mit der Erde; je beschränkter sein Fallraum ist, desto schärfer wird sich die Horizontale als Kreis äußerlich erkennen lassen. Die Form kann aber keinen Einfluß haben, denn: wie die Fallrichtung aller Pendel gleich ist, so ist auch das Verhältniß, die Lage der beiden Punkte, welche die Pendel-Horizontale bestimmen, c und d, ihr Verhältniß zum Erdpendelpunkte, stets dasselbe.

Die beiden Punkte, durch deren Verbindung mittelst einer fingirten geraden Linie die Pendel-Horizontale dem Auge bemerkbar gemacht wird, liegen stets so, daß diese gerade Linie mit der Erdoberfläche parallel läuft. Es liegt keinesweges in dieser Parallele das Wesentliche der Horizontale, vielmehr ist sie eine nothwendige Folge der wesentlichen Bedingung, daß beide Punkte in ganz gleicher Entfernung vom Erdmittelpunkte zu suchen sind.

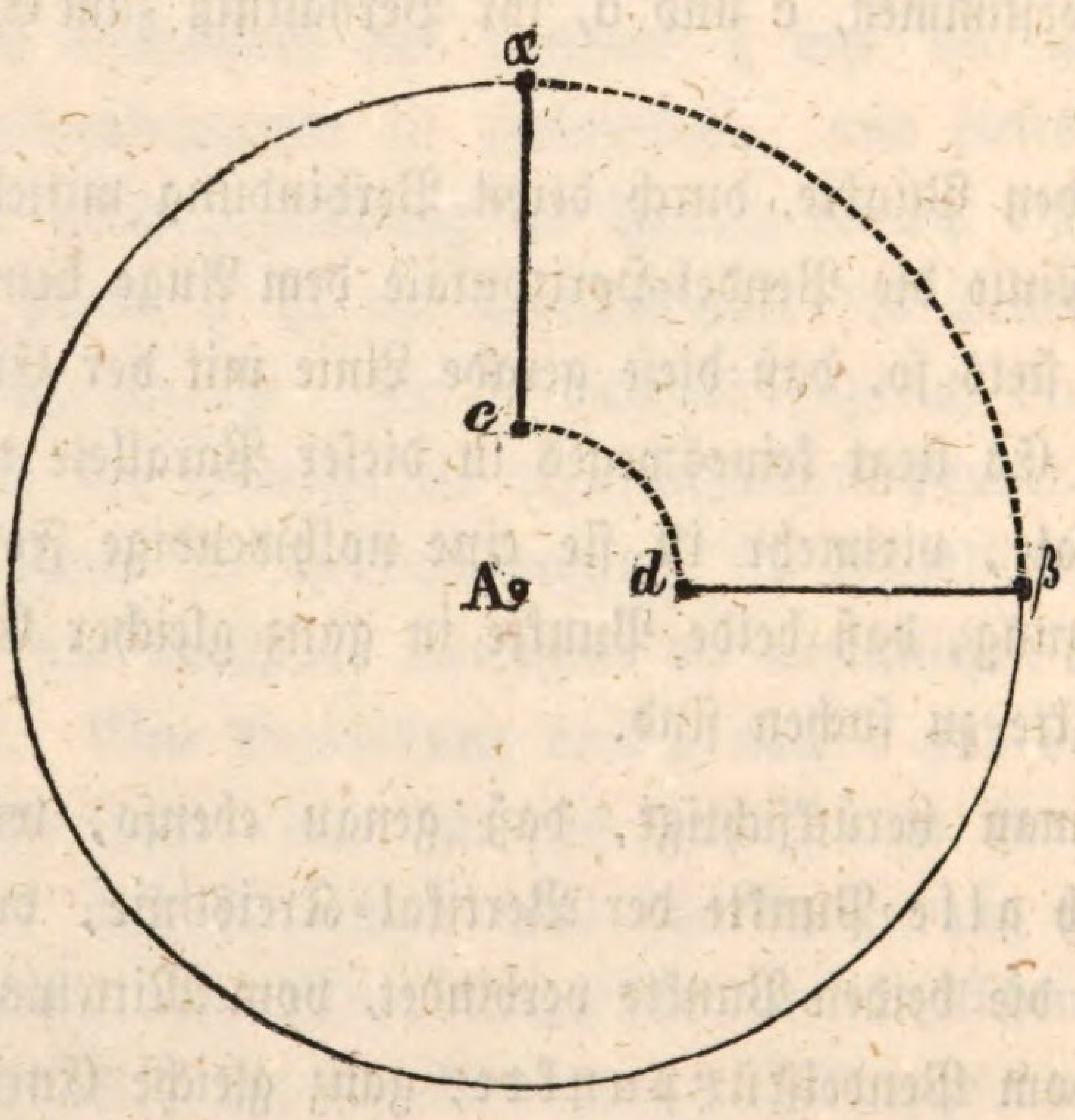
Wenn man berücksichtigt, daß genau ebenso, wie diese beiden Punkte, auch alle Punkte der Vertikal-Kreislinie, durch welche das Pendel selbst die beiden Punkte verbindet, vom Mittelpunkte der Kreisbewegung, vom Pendelstützpunkte, ganz gleiche Entfernung haben, so wird man die vollständige Horizontale auch in der Kreisbewegung zwischen diesen beiden Punkten ganz unzweifelhaft anerkennen müssen.

In der Horizontale liegen die Haupt-Geheimnisse des Pendels; durch sie lassen sich die wunderbaren Erscheinungen vollständig erklären, und deshalb ist es nöthig, die Existenz dieser Pendel-Horizontale noch genauer auch anderweitig nachzuweisen, sowie ihr Wesen und ihren Grund zu prüfen.

10.
Charakteristik der Horizontale im Allgemeinen.

Das Wesen der Horizontale im Allgemeinen besteht darin, daß der bei einer Horizontal-Bewegung beobachtete Körper stets in gleicher Entfernung vom Erdmittelpunkte, und dadurch auch von dem der Bewegung correspondirenden, obwohl nur fingirten Erdpendelpunkt bleibt; und hieraus folgt, daß die Bewegung in der Horizontale stets eine Kreislinie beschreiben müsse, obschon die Kreisform sich so wenig herausstellt, daß sie dem menschlichen Auge als solche nicht bemerkbar ist.

Nachstehende Figur, welche die Erde bedeuten soll, möge zur Erläuterung dienen:



Die punktirte Kreislinie α β deutet eine vollständige Horizontale an, wie sie in der Wirklichkeit bei den Unebenheiten der Erdoberfläche zwar nicht vorhanden ist, wie sie aber als vorhanden angenommen und für kleinere Strecken auch in der Wirklichkeit hergestellt werden kann.

Der Körper, dessen Bewegung auf dieser Horizontale betrachtet wird, α, bleibt auf der ganzen Linie von α bis β in derselben Entfernung vom wirklichen Erdmittelpunkte. Die vom fingirten und der

Bewegung correspondirenden Erdpendelpunkte beispielsweise angedeuteten Linien c α und d β, zugleich die Einwirkung der Erd-Attractionskraft bezeichnend, müssen in ihrer Verlängerung den Erdmittelpunkt treffen.

Hiernach muß die Charakteristik der Horizontale dahin bestimmt werden: daß nur die stets gleiche Entfernung vom Erdmittelpunkt, der stets gleiche Einfluß der Erd-Attractionskraft entscheidend ist, die Form muß aber eine Kreislinie sein, weil bei einer andern Form die wesentlichen Bedingungen nicht herzustellen sind.

Je näher die Horizontale dem Erdmittelpunkte liegt, um so mehr muß die Kreisform in die Augen fallen, und eine Horizontalfläche wird nach allen Richtungen hin stets die Gestalt der Oberfläche einer Kugel haben.

11.
Bewegungen in der Horizontale.

Eine solche Bewegung ist in Folge der Erd-Attractionskraft nicht möglich, weil der Körper auf der Horizontale stets in gleicher Entfernung vom Erdmittelpunkte bleiben muß, weil die Resultirende überall gleichmäßig auf ihn einwirkt, der Körper also durch die Resultirende in Berücksichtigung seiner (Horizontal-) Unterlage keinen Fallraum erlangen kann.

Die Horizontal-Bewegung verlangt also immer eine fremde Einwirkung, und insoweit diese Einwirkung nicht durch Verdrängen des Körpers aus seinem Raume mittelst eines andern Körpers geschieht, wird sie nur durch künstliche Ertheilung von Fallgeschwindigkeit oder Fallkraft nach abweichender Richtung hin bewirkt werden können, wie dies beim Fortrollen einer Kegelkugel z. B. der Fall ist.

12.
Eine Horizontale im freien Fallraum

ist nicht möglich. Der Lauf, den die Kugel eines Feuergewehres bezeichnet, wagerecht abgefeuert, ist keineswegs eine Horizontal-Bewegung.

Eine solche Kugel bleibt durchaus nicht in gleicher Entfernung vom Erdmittelpunkte; denn ihr Lauf beschreibt anfänglich eine gerade Linie, die also, je länger je mehr, sich vom Erdmittelpunkte entfernt, und später, wenn die abweichende Fallrichtung durch die stets mit zunehmendem Erfolg dagegen ankämpfende Erd-Attractionskraft verändert ist, nähert er sich der natürlichen Fallrichtung immer mehr und mehr, eilt also dem Erdmittelpunkte zu.

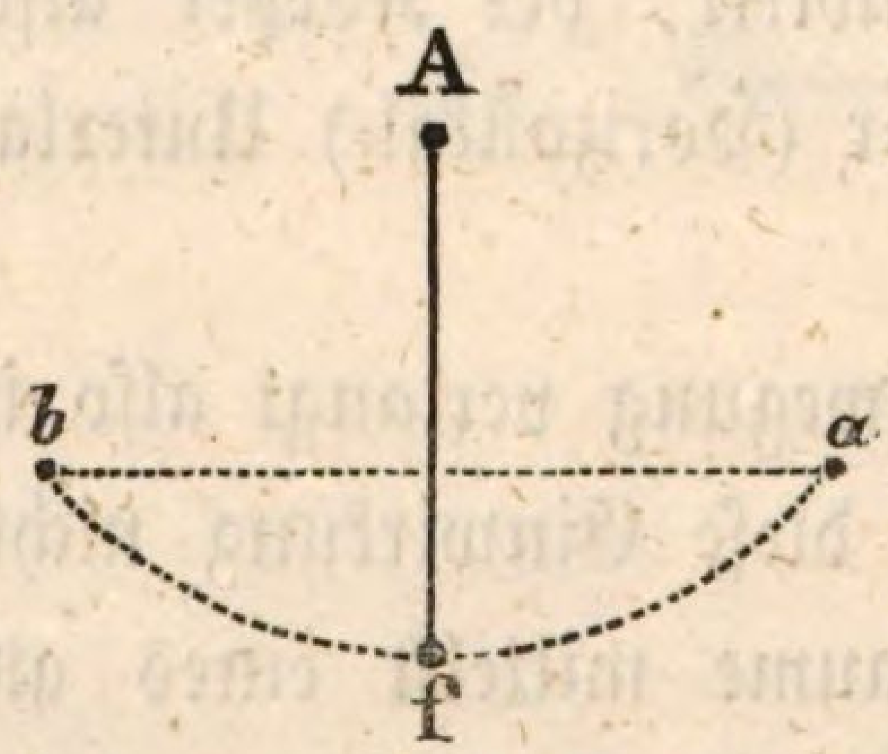
Diese Ansichten, deren Richtigkeit nicht im mindesten zweifelhaft sein kann, auf das Pendel zur Anwendung gebracht, ergeben:

13.
Hinsichtlich der Pendel-Horizontale,

daß diese Horizontale nicht natürlich, sondern nur künstlich sein könne.

Ob natürlich oder künstlich, das bleibt sich für den Erfolg gleich, wenn sie nur vorhanden ist. Der Erfolg zeigt ihre Existenz, und ihre Ursachen liegen darin:

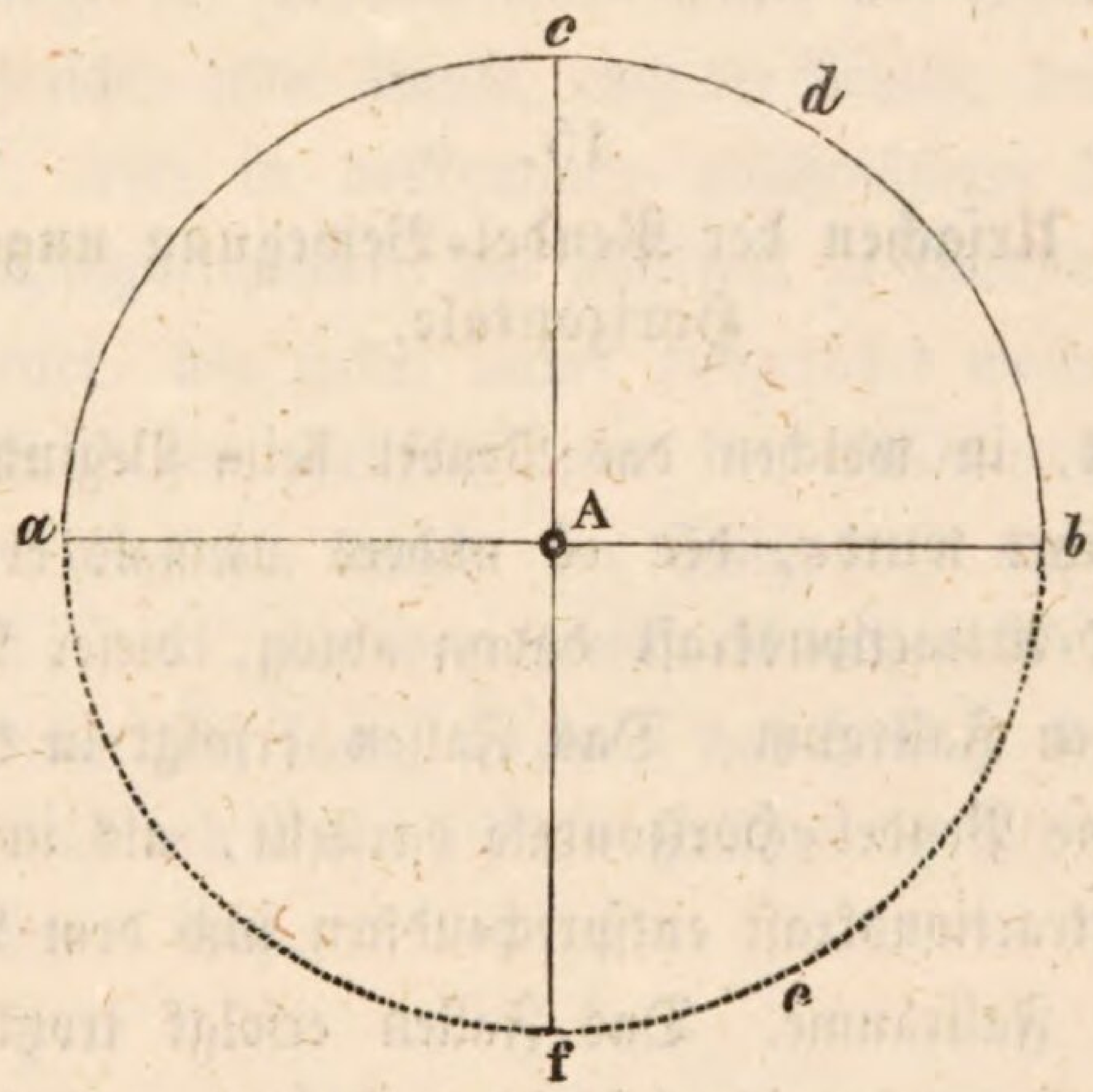
Der Pendel-Ruhepunkt, in der nachstehenden Figur mit f bezeichnet, deutet die Vertikale des Pendels an, vom Pendelstützpunkte aus betrachtet:



Die Punkte a und b, welche, wie deren Verbindung durch eine gerade Linie ergiebt, eine der Erdoberfläche entsprechende horizontale Lage gegenseitig haben, liegen genau in derselben Entfernung vom Pendelstützpunkte, wie der Punkt f, und wie alle diejenigen Punkte, welche das Pendel bei Beschreibung der Bogenlinie a f b berührt, und deshalb müssen alle diese Punkte in gleichem Verhältniß zur resultirenden stehen. Der Pendelstützpunkt ist zugleich das Centrum der Pendel-Bewegung und durch künstliche Vorrichtung fixirt.

Diese Bedingungen machen eine künstliche Horizontale für das Pendel in der angezeigten Art möglich, die der Form nach der künstlichen Vorrichtung (der Länge der Pendelschnur) entsprechend ist, und erklären das Resultat der Horizontal-Bewegung auch in der Vertikalschwingung.

Daß übrigens eine Vertikalbewegung im eigentlichen Sinne des Wortes nicht möglich für das Pendel ist, versteht sich von selbst, und der Augenschein ergiebt deutlich ohne weitere Erklärung, daß in nachstehender Figur



eine Bewegung von a nach b als Horizontalschwingung zu betrachten, eine Bewegung von c nach f oder von d nach e eine Vertikalbewegung sein müßte; eine solche Bewegung ist aber gar nicht möglich, vielmehr wird ein Pendel, welches im Punkte d fällt, immer als isolirter Körper, als Bleikugel, und nicht als Pendel, in Betracht kommen, und bei Berührung des äußersten für dasselbe möglichen Fallpunktes, wo es wieder Pendel wird, auch wieder eine Horizontal-Bewegung machen.

14.

Bedingungen der Pendel-Bewegung in der Horizontale.

Eine Kugel kann auf einer Horizontalfläche vermöge der Erd-Attractionskraft nicht bewegt werden. — Diese Behauptung würde für die Pendel-Bewegung dahin zu fassen sein:

das Pendel, welches aus dem Punkt a der vorstehenden Figur fällt, kann den Punkt b nicht erreichen, denn bei Erreichung dieses Punktes befände es sich wieder auf der Horizontale, wäre also vermöge der Erd=Attractionskraft auf einem andern Punkt der Horizontale angekommen, hätte sich mithin in der wirklichen Horizontale bewegt.

Eine Prüfung hierüber wird späterhin noch aus einem andern Gesichtspunkte gleichzeitig erfolgen.

15.

Grund und Ursachen der Pendel=Bewegung ungeachtet der Horizontale.

Der Punkt, in welchen das Pendel beim Beginne des Fallens gewaltsam entführt wurde, den es anders niemals erreichen konnte, weil es die Erd=Attractionskraft davon abzog, dieser Punkt gewährt dem Pendel einen Fallraum. Das Fallen erfolgt in derselben Linie, welche zugleich die Pendel=Horizontale darstellt, als in dem der Einwirkung der Attractionskraft entsprechendsten und dem Pendelverbande allein möglichen Fallraume. Das Fallen erfolgt trotzdem, daß das Pendel anscheinend gestützt ist, denn das Stützen, und die Art, in der es geschieht, wie früher gezeigt, kann eine der Wirkung nach horizontale Bewegung nicht vereiteln.

Der künstliche Stützpunkt liegt nämlich bei der ganzen Bewegung nicht in, sondern über der Horizontale, und wenn das Pendel durch sogenannte Vertikalschwingungen Bewegungen macht, welche dem Resultate nach Horizontal=Bewegungen sind, so darf man nicht vergessen, daß stets in einer dem Pendel der Erd=Attractionskraft gegenüber in doppelter Beziehung angethanen Gewalt, vermöge deren es gegen die natürliche, den gewollten Bewegungen nicht entsprechende Einwirkung geschützt wird, der Grund hiervon liegt, oder, daß Säule und Pendelschnur zum Pendelverbande wesentlich gehören.

Die natürliche Vertikale des Pendels, welche allein entscheidend sein kann, deutet das Pendel, von seinem Stützpunkte aus betrachtet,

in seinem festen Ruhepunkte an, und eine aufmerksame Betrachtung dieses Ruhepunktes muß schon auf rationellem Wege den Charakter der Bewegung erkennen lassen, und dadurch zeigen, daß eine dem Anscheine nach aufsteigende Bewegung in der Wirklichkeit eine solche keinesweges ist.

Der Grund liegt darin:

Die nöthige Fallkraft ist durch den Fall selbst gegeben, die Fallrichtung begünstigt der Pendelverband durch die gegebene Form, die Kreislinie, in welcher jeder Punkt, auch der kleinste, von seinem Nebenpunkt abweicht, aber in vollkommen gleichmäßiger Art. Hierdurch wird die Ansteigung erleichtert, die Fallkraft zu Gunsten der bedingten Bewegung geleitet, wie später näher ausgeführt werden soll, und in Folge der vorhandenen Fallkraft und der ablenkenden Pendelleitung eine Richtung ermöglicht, welche der Stützpunkt nur anscheinend vereiteln könnte, weil eben der Kreisform wegen der Stützpunkt immer nur momentan sein kann, weshalb das Pendel, so lange Fallraum vorhanden, fortwährend einen andern Stützpunkt suchen und somit die Bewegung fortsetzen muß.

16.

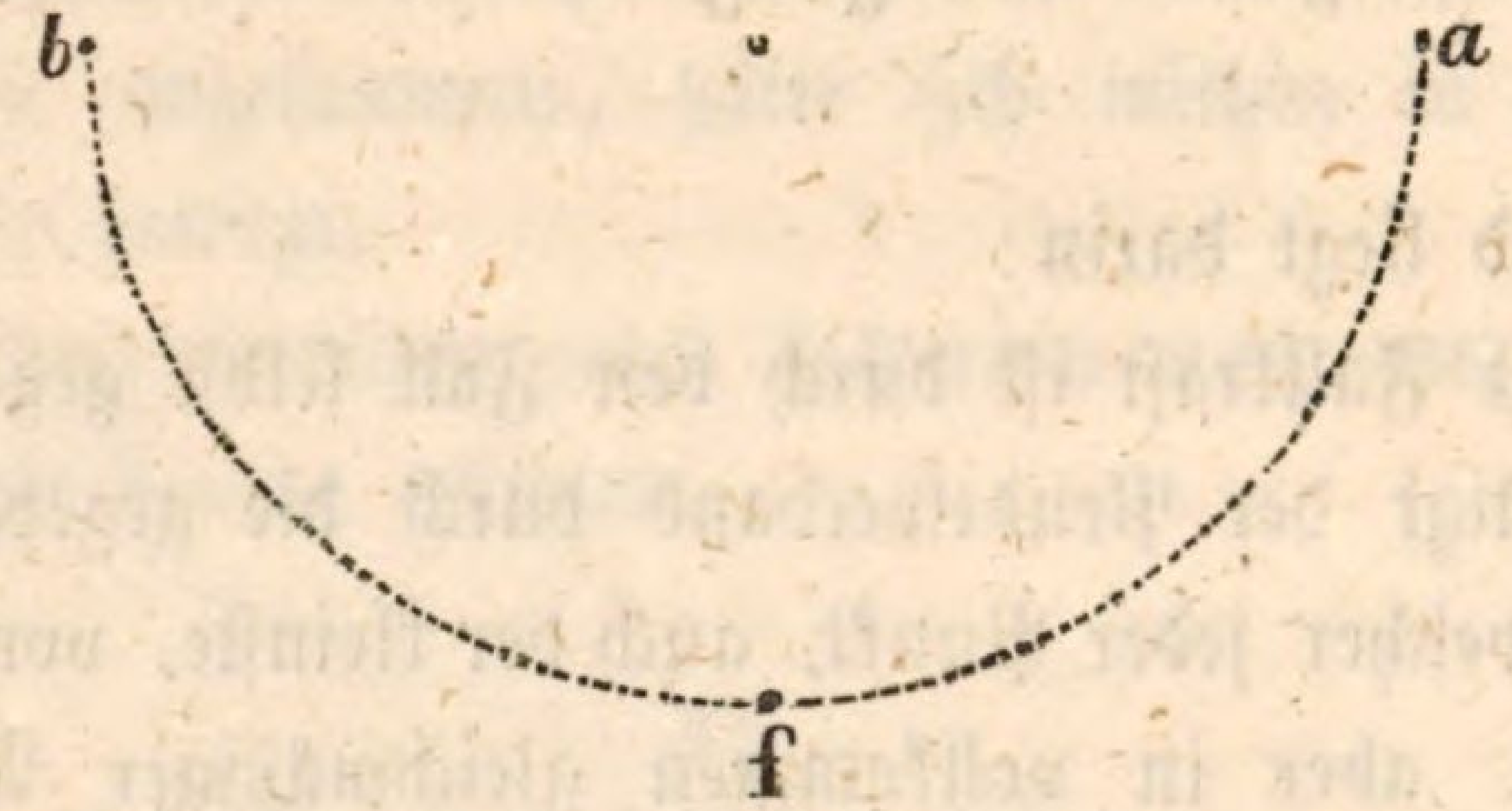
Folgen der Horizontal-Bewegung.

Wenn die Pendel-Bewegung als Horizontal-Bewegung anzusehen ist, so kann eine zu- und abnehmende Fallgeschwindigkeit ebenso wenig vorhanden sein, wie sich eine solche bei einer auf der Horizontalfläche fortrollenden Kugel finden kann.

Ich muß bekennen, daß ich eine solche zunehmende Fallgeschwindigkeit bei der schärfsten Aufmerksamkeit nicht entdecken konnte, finde sie auch gar nicht nothwendig, und habe hinreichende Gründe zu der Ueberzeugung, daß sie die Augen Anderer nur in der Voraussetzung ihrer Nothwendigkeit zu bemerken glaubten.

Es läßt sich sogar anderweitig mit Sicherheit nachweisen, daß eine zunehmende Fallgeschwindigkeit für das Pendel nicht vorhanden ist.

Nothwendig ist sie wie gesagt nicht, denn es bleibt sich für die Dauer und für die sonstigen Bedingungen der Pendelschwingung ganz gleich, ob sie vorhanden ist oder nicht.



In demselben Maße, in welchem nämlich das Fallen von a bis f zunehmend schneller erfolgt, in demselben Maße wird es von f bis b abnehmend langsamer erfolgen. Bewahrt das Pendel also für seinen ganzen Lauf a f b eine gleichmäßige Fallgeschwindigkeit, so wird es die Schwingung nicht früher noch später vollendet haben, als dies bei einer Bewegung mit zu- und abnehmender Fallgeschwindigkeit erfolgt.

17.

Fallkraft und Fallgesetze im Allgemeinen.

Nachdem die Hauptschwierigkeiten, welche der Pendelverband wie die räthselhaften Formen der Pendelbewegung dem Beobachter entgegenstellen, erörtert und theilweise überwunden sind, wird eine nähere Erörterung über das Wesen der Fallkraft, Fallgeschwindigkeit ꝛc. erfolgen können, welche als die wichtigsten Punkte dieser Abhandlung vorzüglich geeignet sein dürften, Aufschluß zu geben.

Ein Gegenstand, wie das Pendel, nur in Hieroglyphenschrift, in Kreiswindungen, in Bruchstücken derjenigen Form sich äußernd, in welcher die Natur alle Geheimnisse zu verbergen pflegt, erfordert um so mehr die strengste Schärfe, als die noch räthselhaftere Kugelform, die Erde, mit ihm in Wechselwirkung steht.

Es müssen hier Subtilitäten vorliegen, die um so schärfer hervorzuheben, je mehr sie verschleiert sind, je weniger sie in scharfen Um-

rissen dem Auge bemerkbar hervortreten. Schärfe und Klarheit ist die Hauptsache.

Hypothesen giebt es hier nicht; denn das Pendel giebt stets ganz genaue und bestimmte Antworten, es kennt keine Widersprüche und zeigt dadurch an, daß die seine Bewegungen bedingenden Verhältnisse rein, dauernd und genau sein müssen.

Um vollständig klar sprechen zu können, ist es nöthig, die fernern Resultate meiner Beobachtungen, in so weit sie Neues bringen, durch Benennungen zu präcisiren, wie ich mir in Folge des Vaterrechtes für diese Abhandlung erlaube, zugleich aber einige leitende Grundsätze und Ansichten vorauszuschicken, welche theils im Vorgange erörtert sind, theils ihre Erörterung später finden werden, deren Richtigkeit sich aber vollständig durch die Erfahrung ergiebt, wo man sie auch in Anwendung bringen möge, und die in voller Harmonie unter sich und mit der Grundlehre stehen.

18.

Theorie der Schwere und der Körperbewegung im Allgemeinen.

Die Begriffe: Schwere, Schwerkraft, Gewicht, Fallkraft, sind gleichbedeutend, und alle diese Erscheinungen erkenne ich als Resultat der Erd-Attractionskraft in unmittelbarer Weise, nicht als eine dem Körper inwohnende Kraft an.

Die Verbindung zwischen Subject und Object ist früher nachgewiesen: Wechseleinwirkung durch gegenseitige Attractionskraft. (Vgl. Nr. 2).

Das Wort Fallkraft ziehe ich für diese Abhandlung vor, weil es der Wortbedeutung nach die richtigste Bezeichnung und als die umfassendste in allen Fällen anwendbar ist, ohne Mißverständnisse zu veranlassen.

Bei der Fallkraft bitte ich zu unterscheiden:

1) die „normale“ Fallkraft eines Körpers,

und verstehe hierunter den Druck, welchen ein Körper im Zustande der Ruhe auf seinen Stützpunkt (Stützfläche) äußert.

2) die „concrete“ Fallkraft.

Hierunter verstehe ich die Erscheinungen, welche unter den gegebenen Umständen und Nebeneinwirkungen in Folge der Erd=Attractionskraft zu Tage treten. Die concrete Fallkraft kann theils stärker, theils schwächer als die normale Fallkraft sein.

Durch eine Wage bemerkt man die concrete stärkere Fallkraft darin, daß ein Gewicht, welches auf die Wage fällt, momentan einen stärkern Druck hervorbringt, als ein solches, welches behutsam darauf gestellt wird.

Durchgreifender Grundsatz ist es, daß die Schnelligkeit der Bewegung allein die concrete stärkere Fallkraft bewirkt, ohne Ausnahme bei allen Körpern, gleichgültig nach welcher Richtung hin sie fallen.

Diese concrete stärkere Fallkraft bewirkt z. B. den Tod eines Menschen, den die Kugel eines Feuergewehres trifft. Von der größeren Geschwindigkeit der Kugel ist die größere concrete Fallkraft ganz abhängig.

Die „natürliche“ Fallrichtung bezeichnet die gerade Linie, in welcher der fallende Körper, der Einwirkung der Resultirenden nachgebend, auf den Erdmittelpunkt zustrebt.

Wo dies nicht geschieht, da ist die Fallrichtung „abweichend“, und eine solche Abweichung kann stets nur durch äußere Einflüsse hervorgebracht und durch die Erd=Attractionskraft vermittelt werden. Diese Vermittlung erfolgt selbst da, wo die abweichende Fallrichtung der natürlichen gerade entgegengesetzt ist, wo sie also vertikal von der Erdoberfläche ab geschieht. Auch eine solche Fallrichtung halte ich beim Wegfalle der Erd=Attractionskraft nicht für möglich, wie überhaupt jedes fortgesetzte Fallen ohne Attractionskraft nicht für denkbar, worüber späterhin mehr.

19.

Fallgeschwindigkeit.

Eine absolute Fallgeschwindigkeit ist zwar nicht denkbar, denn:

Im Erdmittelpunkte kann es keine Fallgeschwindigkeit geben, weil hier die Erdmolekule gleichmäßig aus jeder beliebigen Richtung

auf den Körper einwirken, eine Resultirende mithin nicht denkbar ist. Eine Horizontale auf der Erdoberfläche, deren Punkte sämmtlich gleichmäßig von der Resultirenden berührt würden, ist nicht vorhanden, die durch diese Horizontale bestimmte Entfernung an sich wäre schon relativ u. s. w.

Die Fallgeschwindigkeit bleibt also stets relativ. Deshalb möge die Noth es entschuldigen, wenn ich diejenige Fallgeschwindigkeit, wie sie sich beim Falle unter der Luftpumpe zeigt, und welche nach bisherigen Beobachtungen für alle Körper gleich sein möchte, ein Fallen in natürlicher Richtung vorausgesetzt, die „absolute" Fallgeschwindigkeit nenne.

Der Ausdruck wird so lange erlaubt sein, bis ein besserer gefunden ist, um den Unterschied hervorzuheben; da es in die Augen springt, daß die atmosphärische Luft ꝛc. die Körper beim Fallen stark beeinträchtigt.

Diejenigen Hindernisse, welche das langsamere Fallen eines Körpers bewirken, als es ohne ihren Zutritt stattfinden würde, bedingen die „relative" Fallgeschwindigkeit.

20.
Bewegung.

Als „mittelbar fortgesetzte" Bewegung bezeichne ich eine solche, welche durch Versetzung des Körpers in eine künstliche Fallgeschwindigkeit erfolgt. Eine solche künstliche Fallgeschwindigkeit, mithin auch eine künstliche Fallkraft, wird durch mechanische Einwirkung herbeigeführt.

So lange die mechanische Einwirkung vorhanden ist, ist keine mittelbar fortgesetzte Bewegung da, es ist dann vielmehr eine unmittelbare Bewegung, durch Verdrängen des Körpers aus seinem bisherigen Raume durch einen andern Körper erfolgt.

Kann aber derjenige Körper, welcher ihn verdrängte, nicht mehr durch Berührung auf ihn einwirken, dann beginnt die mittelbar fortgesetzte Bewegung, z. B.

Eine Gewehrkugel wird beim Abfeuern des Gewehrs rein durch Verdrängen aus ihrem Raume durch einen andern Körper, welcher eine starke Expansiv-Eigenschaft besitzt, in Bewegung gesetzt.

Der Körper, welcher sie verdrängte, wird sie bald nach dem Verlassen des Feuergewehres nicht mehr berühren, sie bewegt sich demungeachtet weiter, und zwar lediglich in Folge der künstlich erlangten Fallgeschwindigkeit, und der dadurch bewirkten concreten stärkern Fallkraft.

Von dem Punkte ab, wo sie nicht mehr wie früher durch einen andern Körper mechanisch verdrängt wird, muß ihre Bewegung nach ganz andern Grundsätzen beurtheilt werden, wie vorher, und von diesem Punkte ab nenne ich die Bewegung eine „mittelbar fortgesetzte". Von da ab erkläre ich die Bewegung unbedenklich als ein Fallen. Die Richtung des Gewehrlaufes, mithin die Richtung, welche der Kugel anfänglich durch die mechanische Einwirkung angewiesen ist, bestimmt in Verbindung mit der ununterbrochen und gleichmäßig auf die Kugel einwirkenden Erd-Attractionskraft, die Fallrichtung der Kugel von da ab, wo ihre Bewegung eine mittelbar fortgesetzte ist.

Ganz unrichtig ist die Vorstellung, daß die Kugel in Folge der Trägheit sich weiter bewege. Trägheit ist Zustand der Passivität in Beziehung auf Bewegung, und weiter ist darunter nichts denkbar. Es ist dies keine Eigenschaft, sondern nur ein Zustand zu nennen, und nicht abzusehen, wie dadurch eine Bewegung bewirkt werden sollte. Im Gegentheil, wenn der Körper eine Neigung zur Bewegung nicht besitzt, so folgt nach richtiger Logik, daß er sich nur so lange fortbewegen könne, als er durch einen andern Körper verdrängt wird, oder als ein anderer Körper (die Erdmolekule) anziehend auf ihn einwirkt, und daß beim Wegfall dieser fremden Einwirkung die Bewegung auch sofort aufhören werde.

Die Bewegung ist überhaupt nicht als ein Zustand, als ein Act anzusehen. Sie erscheint nur dem körperlichen Auge als ein Ganzes, weil die Erd-Attractionskraft, welche die Fortbewegung bewirkt, stets vorhanden ist, deshalb stets gleichmäßig auf den Körper

einwirkt, und vermöge dieser gleichmäßigen Einwirkung die Kette der atomgleichen einzelnen Thätigkeiten verwischt und unerkennbar macht, welche den sich bewegenden Körper als ein entsprechendes Bild charakterisirt.

Aus der Behauptung einer bestimmten Stellung im Raume, und dem Hinübergehen, dem Einnehmen eines andern Raumes, ist diese Kette zusammengesetzt. Jedes Glied, jedes Atom dieser Kette ist eine Erscheinung, die ihre Ursache verlangt. Fällt die Ursache fort, dann muß auch die Wirkung, die Bewegung, fortfallen. Beim Wegfall der Erd-Attractionskraft ist eine mittelbar fortgesetzte Bewegung nicht denkbar, und dies würde auch angenommen werden müssen, wenn man die geltenden Begriffe von Schwerkraft festhalten wollte, weil die Erd-Attractionskraft ja eben den Körpern die Schwerkraft verleihen soll.

Wenn man diese Lehre also festhalten will, so würde man folgern müssen, daß der Wegfall der mittelbaren Fortbewegung hier in mittelbarer Art erfolgen werde, was nach den von mir aufgestellten Grundsätzen direct und unmittelbar geschehen muß, beides würde sich also im Resultate gleich bleiben.

Beim Wegfall der Attractionskraft kann ich eine Bewegung nur in so fern für möglich erachten, als der Körper durch einen andern Körper aus seinem Raume verdrängt wird.

Ferner stelle ich den durch die Erfahrung hinreichend bekannten Grundsatz hieraus auf:

daß die Erd-Attractionskraft der abweichenden Fallrichtung stets mit wachsendem Erfolge entgegenwirkt, und deshalb die Abweichung in kurzer Zeit vollständig beseitigt.

Die Erd-Attractionskraft ist nämlich dauernd und stets wirksam. Je größer die Kraft ist, welche der Erd-Attractionskraft entgegen wirkt, sie dadurch überwältigt, desto stärker muß die dem Körper künstlich dadurch ertheilte Fallkraft in abweichender Richtung wirken. Die künstliche Einwirkung, die trotz der Erd-Attractionskraft eine abweichende Fallrichtung erzwingt, kann immer nur temporär sein, und da die Erd-Attractionskraft dauernd ist, also stets auf den Körper anziehend

einwirkt, hierdurch also die künstliche Fallkraft schwächt, so folgt die definitive vollständige Beseitigung der letztern hieraus von selbst, mag die künstliche Fallkraft des Körpers von Anfang an auch tausendmal stärker sein, als die Erd-Attractionskraft auf ihn einwirkte.

Wird dem Körper durch Ertheilung von Fallgeschwindigkeit diejenige Fallrichtung angewiesen, welche der Erd-Attractionskraft vollständig entspricht, also der Fall in der Vertikale, so muß der Körper dadurch für seinen ganzen Fallraum einen Vortheil genießen, denn die Attractionskraft kann die künstlich erlangte Fallkraft nicht beeinträchtigen. Beide, die künstliche und die natürliche Fallkraft, gehen hier Hand in Hand, sind dem Erfolge nach gleicher Natur, und würden als eins von denjenigen Merkmalen anzusehen sein, durch welche die concrete Fallkraft des Körpers sich charakterisirt.

Zur Erklärung der mittelbar fortgesetzten Bewegung eines Körpers bedarf es der Annahme der Schwerkraft keineswegs. Denn es wird sich am Ende vollständig gleich bleiben, ob man die Ablenkung der Schwerkraft von ihrem normalen Ziele, dem Erdmittelpunkte, deduciren will, oder ob man annimmt, daß die Erd-Attractionskraft durch eine entsprechende Gegenwirkung temporär überwältigt und dadurch zur Vermittlung einer Körperbewegung in einer abweichenden Richtung benutzt werden könne. Wäre die Erd-Attractionskraft gar nicht vorhanden, dann dürfte sich kein Stein in die Luft werfen lassen; denn der Stein würde dann nicht durch eine Kraft zur Erde gezogen, er könnte also auch einer entgegengesetzten Einwirkung keinen Widerstand entgegensetzen, seine mittelbar fortgesetzte Bewegung wäre nicht möglich, sondern nur eine unmittelbare. Er würde kein Ziel haben, dem er zustrebt, während dies bei dem Vorhandensein und der fortwährenden Einwirkung der Erd-Attractionskraft der Fall ist, während bei ihrer Existenz der Körper stets auf dem möglichst nächsten Umwege diesem Ziele zustrebt, wo ihm der gerade Weg unmöglich gemacht wird.

Wo die Erd-Attractionskraft wegfällt, da kann auch eine Gegenwirkung nicht möglich sein, und wenn ein Körper in Betracht der Bewegung passiv ist, dann kann man auch nur überhaupt eine Be-

wegung von ihm nur insoweit erwarten, als eine ununterbrochene äußere Einwirkung eine solche nothwendig macht. Eine künstliche Anfangsfallgeschwindigkeit allein würde nicht ausreichen, eine mittelbar fortgesetzte Bewegung zu bewirken; das zweite nothwendige Erforderniß ist die Erd-Attractionskraft, welche die Anfangsfallgeschwindigkeit in der gewohnten Weise erst in Wirkung bringt, und zwar deshalb, weil die Anfangsfallgeschwindigkeit bedeutender war als die absolute Fallgeschwindigkeit, als diejenige nothwendige räumliche Veränderung des Körpers, welche die Erd-Attractionskraft selbst hervorruft. Ein Vortheil, der dem Körper beim Falle in absteigender Bewegung zu Gute kommt, künstliche Fallgeschwindigkeit, in einer Richtung, die die Einwirkung der Erd-Attractionskraft verstärkt, ein solcher Vortheil wird ihm auch bei aufsteigender Bewegung entsprechend und mittelbar zu Gute kommen, er wird die Erd-Attractionskraft temporär schwächen, aufheben, überwältigen können. Der Raum kann keinen Einfluß weiter haben.

21.

Gesetze beim Falle in abweichender Richtung.

Je geringer die normale Fallkraft eines Körpers ist, je weniger also die Erd-Attractionskraft auf den Körper einwirkt, um so mehr kann er durch künstliche Fallgeschwindigkeit in abweichender Richtung entfernt werden, je mehr er aber ungeachtet seiner geringen normalen Fallkraft der ersten Einwirkung Widerstand zu leisten vermag, um so kräftiger kann sich die Gegenwirkung zeigen.

Diese Grundsätze lassen sich noch bei dem Fallhinderniß der atmosphärischen Luft als richtig und durchgreifend erkennen.

Deshalb pflegt der Stein vor dem Wurfe in der Hand nach der Erde zu bewegt zu werden, um die durch diese Bewegung hervorgerufene stärkere concrete Fallkraft und mit ihr einen stärkeren Widerstand des Körpers, wie ihn sonst die Erd-Attractionskraft erzeugt, zu erwirken.

Der Körper von geringerer normaler Fallkraft dringt freilich in

der Regel nicht soweit in den Luftraum vor, als ein Körper von größerer normaler Fallkraft, es ergiebt sich aber ganz unzweifelhaft durch jedes entsprechende Experiment, daß nur die atmosphärische Luft die Ursache dieser Erscheinung sein kann; und hierin liegt der Grund, daß der Pfeil weiter als der stumpfe Bolzen der Armbrust, die Bleikugel aus einem Gewehr abgefeuert weiter vordringt, als es eine Holzkugel im Stande ist.

Die Differenz im Raume in Betracht zweier Körper von gleicher normaler Fallkraft, aber verschiedener Form, oder gleicher Form aber verschiedener Größe, welche unter sonst gleichen Bedingungen in einer der Erd-Attractionskraft nicht entsprechenden Weise fortbewegt werden, ist weit bedeutender, als man vermuthen sollte, oft mehr als um das Sechsfache des Minderraumes, und hieraus läßt sich deutlich entnehmen, wie bedeutend das Fallhinderniß der atmosphärischen Luft sei, und welchen Einfluß es auf die Fallgeschwindigkeit haben müsse.

22.
Theorie der Maschinenbewegungen.

Die Bewegung aller bekannten Maschinen, als Dampfmaschinen, Wassermühlen, Windmühlen, aller Wurfgeschosse, Waffen u. s. w. beruht auf ganz gleichen Grundlagen: durch eine schnelle Fortbewegung aus dem Raume wird die Fallkraft nach abweichender Richtung bewirkt. Es ist keine Kraft, welche die Anfangsgeschwindigkeit, das Fortbewegen im Raume, insoweit es der Erd-Attractionskraft entgegen gerichtet ist, bewirkt, sondern es ist ein Körper, der den entweichenden Körper aus seinem Raume verdrängt, möge dieser Körper nun atmosphärische Luft, Wasser, Dampf, Gas u. s. w. genannt werden. Es bleibt sich gleich, ob dieser Körper comprimirt und demnächst seiner Fesseln befreit wurde, oder ob durch Wärmeleitung, Gaserzeugung, oder welchen andern chemischen Proceß seine Expansiv-Eigenschaft hervorgerufen oder in Wirkung gebracht werden konnte.

Bei dem Bogen, der Armbrust, ist es die Sehne mit ihrer durch

die Elasticität des Bügels bewirkten, und durch eigne Elasticität noch verstärkten vibrirenden Bewegung, und dem dadurch herbeigeführten Fortschnellen des Pfeiles; bei dem Wurfspieß, der Schleuder, dem Säbel, ist es der menschliche Arm, der die Anfangsgeschwindigkeit, die künstliche Fallkraft, durch mechanische Fortbewegung bewirkt.

Die Schleuder, der Stab, der Säbel, mit dem menschlichen Arm in Verbindung gebracht, stellen in Betracht der Körperbewegung genau die Verlängerung des menschlichen Armes dar, und verursachen die schnellere Bewegung, welche an der Spitze des Stabes, am Ende der Schleuder, wo der Stein ruht, ihren Höhepunkt erreichen muß. Denn wie bei einer Armbewegung die Hand in gleicher Zeit einen größeren Raum durchschreitet, als der Ellbogen, so muß auch die künstliche Verlängerung des Armes, die Schleuder, die Spitze des Stabes, durch die Armbewegung gezwungen, einen weit größeren Raum durchschreiten, als dies gleichzeitig die rasche Handbewegung vermag. Hierdurch erklärt sich die starke Fallkraft des Schleudersteines. Und wie bei diesem Steine nur die Anfangsgeschwindigkeit normgebend ist, so ist dies bei allen Körpern ohne Ausnahme der Fall. Man darf aber nicht vergessen, daß die Erd-Attractionskraft gegen die mittelbar fortgesetzte Bewegung stets ankämpft, daß der Stein nur deshalb, weil ihm die Möglichkeit entzogen ist, seinem normalen Ziele auf nächstem Wege zuzueilen, dieses Ziel auf Umwegen suchen muß, und daß er bei der mittelbar fortgesetzten Bewegung den Einwirkungen der Erd-Attractionskraft gegenüber um so mehr im Nachtheile steht, je mehr er dieser Kraft bei der Menge und Qualität seiner Molekule unterliegt.

23.
Archimedisches Princip.

Die anscheinend anomale Bewegung von Kork, Holz und ähnlichen Körpern von geringer Fallkraft, welche in Wasser getaucht, in die Höhe steigen, so wie die Bewegung des Luftballons, hat zu den wunderlichsten Erklärungen Veranlassung gegeben, die unter dem Na-

men des Archimedischen Principes bekannt und zum Theil durch Zahlenergebnisse belegt sind. Es kann nicht darauf ankommen, die Unrichtigkeit speciell zu erörtern, vielmehr wird ein einfacher Nachweis des Zusammenhangs genügen; und auf die Rechenexempel, die in der Physik vorkommen, läßt sich fast durchgängig der Goethesche Ausspruch zur Anwendung bringen:

Es war die Lehre aller Zeiten,
Durch drei und eins und eins und drei
Irrthum statt Wahrheit zu verbreiten!

Kork, Holz ꝛc. sind Körper von geringer Fallkraft, sie können deshalb den Wasserkörper nicht durchdringen; das Wasser ist ein Fallhinderniß für sie. Werden solche Körper nun gewaltsam in den Wasserkörper hineingeführt, so müssen sie wieder in die Höhe steigen.

Das Wasser umgiebt zwar den fremden Körper von allen Seiten, aber da die Erd-Attractionskraft fortwährend auf alle Wassertheile sowohl wie auf die Molekule des darin befindlichen fremden Körpers einwirkt, so müßten hierdurch die Wassertheile wie auch der Kork zum Weitereinsinken veranlaßt werden; da aber die Wassertheile vermöge ihrer stärkern Fallkraft sich an der Stelle, in welche der Kork hingeführt wurde, und welche sie vermöge ihrer Fallkraft erstreben, behaupten können, der Kork hingegen nicht, so wird der letztere dem Wasser weichen müssen, welches ihm bei seiner Durchdringlichkeit die Entweichung in der seiner geringen Fallkraft entsprechenden Richtung, durch einfaches Verdrängen aus dem Raume möglich macht. Auf ganz gleiche Weise erklärt sich das Aufsteigen des Luftballons, und auf andere Weise lassen sich diese Erscheinungen überhaupt nicht erklären.

Daß alle anderweitigen Erklärungen unrichtig sind, wird ein flüchtiger Vergleich mit der eben gegebenen schon finden lassen, und daß die vorstehende Erklärung richtig ist, zeigt schon ganz augenscheinlich der Umstand, daß die Körper um so schneller im Wasser oder in der atmosphärischen Luft aufsteigend sich bewegen, resp. verdrängt werden, je leichter sie zum Wasser sind. Sie steigen um so schneller, je weniger Fallkraft sie dem Wasser entgegenstellen können. Wenn sie durch

einen daran befestigten Stein die specifische Schwere des Wassers, also gleiche Fallkraft mit dem Wasser erhalten, dann steigen oder sinken sie gar nicht, und wenn sie durch eine solche Verbindung eine größere Fallkraft erhalten, dann sinken sie, und verdrängen ihrerseits jetzt das Wasser, wie sie früher vom Wasser verdrängt wurden. Auf diese Art erklärt es sich, daß das Wasser aus einem Glase überfließt, wenn Steine in das Glas geworfen werden.

24.
Trägheit.

Falsche Vorstellungen und falsche Auffassungen schaden stets der Sache, und dergleichen falsche Vorstellungen kommen in Betreff dessen, was man die Eigenschaften eines Körpers nennt, nur zu oft vor, weshalb eine kurze Erörterung hierüber, insoweit sie von wesentlichem Einfluß auf das Thema ist, an ihrer Stelle sein wird.

Bei dem Worte „Eigenschaft" versteht man, abgesehen von den sogenannten allgemeinen Eigenschaften, dem Wesen der Körper, ein Kennzeichen oder Merkmal, durch welches sich das Individuum in der Species, die Species im Genus unterscheidet, charakterisirt. Es sind diese Merkmale, wie sie durch den Sinn des Gefühls, des Gesichts, des Geruches oder des Geschmackes sich herausstellen, Unterscheidungen rein relativer Natur. Eine wissenschaftlich unrichtige Vorstellung wäre es, wenn man den Anstrich des Körpers, und die ihm dadurch ertheilte Farbe als eine Eigenschaft des Körpers ansehen wollte.

Man darf wenigstens hierbei nicht vergessen, daß die Farbenhülle nichts als ein zweiter oft ganz fremdartiger Körper ist, welcher mit dem erstern in mechanische Verbindung gebracht wurde.

Expansivkraft ist genau genommen keine Eigenschaft des Körpers; durch diese Benennung wird vielmehr nur die Veränderung des Körpers in Beziehung auf den Raum, und die durch diese Veränderung hervorgebrachte Einwirkung auf einen andern Körper bezeichnet und betrachtet.

Es kann oft sehr zweifelhaft sein, ob es ein Körper ist, der in Erörterung kommt, oder nur die Eigenschaft eines Körpers, namentlich bei der Wärme, und die verschiedene Anschauung und Auffassung muß zu verschiedenen Resultaten führen. Denn, wenn die Wärme ein Körper ist, oder aus unendlich vielen Körpertheilchen besteht, die erfahrungsmäßig einen andern Körper durchdringen, so wird der letztere durch den Beitritt des zweiten Körpers wesentlich verändert, und er würde sich auch zur Erd-Attractionskraft jetzt anders verhalten als früher, da die Wärme als Körper den Einflüssen der Erd-Attractionskraft so gut wie alle andere bekannte Körper unterliegen wird.

Fallkraft kann ich nicht als Eigenschaft eines Körpers anerkennen, weil sie ein Resultat der Wechseleinwirkung zweier Körper ist. Noch weniger ist Trägheit als eine Eigenschaft anzusehen, sondern nur als Begriff. Sie ist rein negativer Natur, und kann sich dem Sinne nicht bemerkbar machen.

Die Richtigkeit des Begriffes der Trägheit aber läßt sich auf das genaueste nachweisen. Nämlich der Körper, dem man Trägheit zuschreibt, folgt nicht nur, stets in gleicher Art, den äußern Verhältnissen entsprechend, den auf seine Fortbewegung einwirkenden Einflüssen der Erd-Attractionskraft, sondern auch jeder andern darauf gerichteten Einwirkung, und zeigt durch die Art und Weise selbst, in welcher er diesen verschiedenen Einwirkungen Folge leistet, daß in ihm weder ein Widerstand gegen einen derartigen Einfluß, noch ein Streben zur räumlichen Veränderung, dessen Ursache auch durchaus nicht ersichtlich ist, liegen könne.

Deshalb würde auch beim Wegfall der äußern Einwirkung die Bewegung sofort aufhören, der Körper im Raume verharren müssen, wo er sich beim Fortfalle gerade befände.

Ein solcher Wegfall der Erd-Attractionskraft ist natürlich nur denkbar, aber in der Wirklichkeit nicht möglich.

25.
Friction.

Unter Friction versteht man das Reiben eines in Bewegung befindlichen Körpers mit der Oberfläche des Fallhindernisses, vorausgesetzt, daß letzteres in einem festen Körper bestehe. Je größer die Fläche ist, mit welcher der fallende Körper seine Unterlage berührt, je mehr Molekule an der Friction Theil nehmen, um so größer muß die Friction sein, und deshalb wird die Kugelform am wenigsten damit zu kämpfen haben, denn sie bietet nur einen Berührungspunkt, und keine Berührungsfläche.

Es giebt Fallhindernisse, die große Aehnlichkeit mit der Friction haben, nämlich dem äußern Anschein nach, die deshalb wohl ähnliche Einwirkungen hervorbringen können, welche vielfach mit der Friction verwechselt werden, z. B. die rauhe Oberfläche des fallenden Körpers und der Unterlage, welche bei genauerer Betrachtung eine Stützvorrichtung für den fallenden Körper liefern, und dadurch den Fallraum beseitigen, oder auch wohl beide Körper mehr oder weniger mechanisch verbinden; desgleichen die klebrige Substanz des Körpers, die Einwirkungen der Cohäsionskraft u. s. w. Die Eigenschaft der Porosität dagegen kann den Begriff der Friction deshalb nicht beseitigen, weil Porosität als allgemeine Eigenschaft der Körper aufgestellt wird, und somit nicht als zufälliges Fallhinderniß betrachtet werden kann.

Ueberhaupt sind die Ansichten von der Friction etwas einseitig, indem man ganz vergißt, daß die Kraft, welche das Fallen bewirkt, auch die Friction bewirken muß, und daß gerade durch die Friction nur die Bewegung möglich ist; sie ist nicht als Fallhinderniß anzusehen, sondern als unumgängliche Nothwendigkeit, als natürliche Erleichterung des Falles.

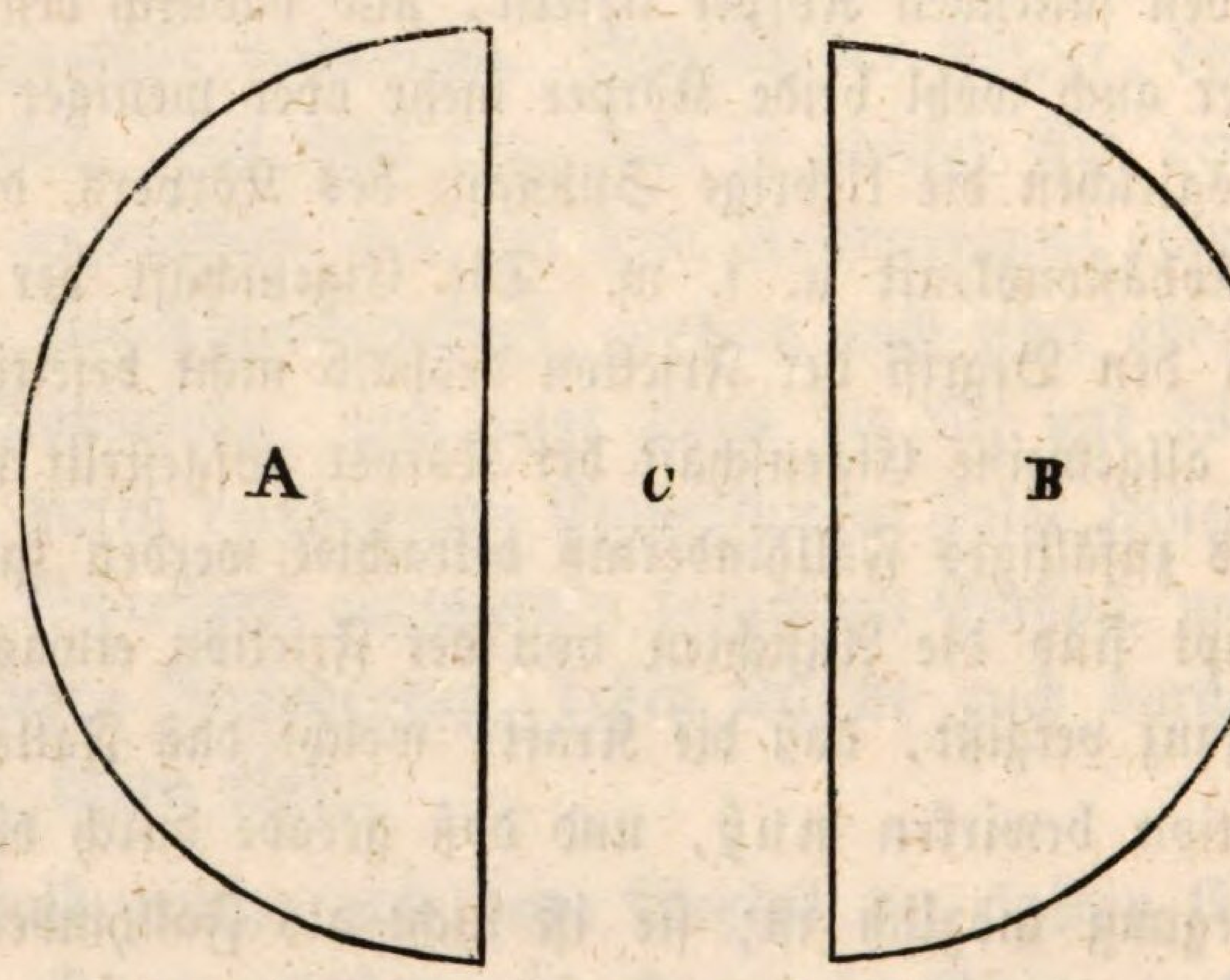
Der fallende Körper kann das Fallhinderniß, die Fläche, auf der er sich befindet, nicht durchdringen, und weil er sie nicht durchdringen kann, wird er sie, der Einwirkung der Attractionskraft gemäß, nicht nur berühren, sondern auch auf sie einwirken, sie drücken müssen.

Je mehr Molekule er besitzt, deren jedes einzeln den Einwirkungen der Erd-Attractionskraft unterliegt, um so größer muß der Druck, um so größer die Friction sein, um so größer wird aber auch seine Fallkraft sein müssen, und deshalb die Friction um so leichter überwinden.

Deshalb kann es auch gar keinem Zweifel unterliegen, daß bei einer Bewegung, welche das Fallhinderniß in stark abweichender Art bedingt, die Friction stärker sein muß, was späterhin ausführlicher gezeigt werden soll.

26.
Grund und Wesen der Fallkraft.

Könnte man die Erde in zwei gleiche Theile zerlegen, was in der Wirklichkeit nicht angeht, in der Theorie aber sehr leicht ist, wie nachstehende Figur beweist:



so würden beide Theile im Punkte C sich wieder vereinigen, vermöge der beiden Theilen gleichmäßig inwohnenden Attractionskraft.

Beide Theile würden dann sowohl als Subject, als auch als Object der gegenseitigen Einwirkung zu betrachten sein. Anders ist dies mit einem Körper, der sich durch menschliche Kräfte von der Erde

fortnehmen läßt. Ein solcher Körper erscheint, mit den übrig bleibenden Erd-Molekulen verglichen, rein als Atom, und die ihm inwohnende Attractionskraft kann kaum in Betracht kommen. Er ist nicht als handelnd bei dem Falle, bei der Vereinigung mit den übrigen Erd-Molekulen anzusehen, sondern als leidend. Eine Schwerkraft kann man dem Körper nicht beilegen, und wenn ich, um die Erscheinungen der Erd-Attractionskraft in gewissen Beziehungen kurz und bestimmter zu bezeichnen, dem Körper Fallkraft beilege, so wolle man dieses Wort nicht unrichtig auffassen; zum praktischen Gebrauche bleibt es sich, wie schon früher bemerkt, gleich, nicht aber in der Theorie.

Es mag ein Streit darüber entstehen können, ob der Magnet das Eisen anzieht, oder das Eisen den Magnet. Ein kleiner Magnet, in die Nähe eines Schmiede-Amboßes gebracht, wird auf die Eisenmasse zufliegen, man kann aber deshalb noch nicht sagen, der Amboß habe ihn angezogen. Anders ist es bei der Attractionskraft der Erde; hier kann man es mit Bestimmtheit behaupten, daß die Erde den Körper anzieht, oder man müßte die ganze Grundlehre umstürzen wollen.

Das Wort „Schwerkraft" ist nichts als eine Erfindung, welche die Noth deshalb herbeiführte, weil man die Wirkungen der Erd-Attractionskraft nicht verstand. Man konnte das als Wirkung der Erd-Attractionskraft nicht anerkennen, was sich sehr gut bei richtiger Auffassung als solche herausstellt, und die Noth, welche überhaupt erfinderisch macht, erfand die Worte: „Schwerkraft", „Centrifugalkraft" und ähnliche, welche allerdings sehr bequem sind, etwas zu beweisen, wenn man sich bei diesen Worten selbst nichts denkt.

Mit willkührlichen und beliebigen Prämissen läßt sich für den, der die Prämissen selbst nicht bezweifelt, natürlich Alles beweisen, mit dem Widerspruch der Prämissen unter sich darf man es nur so genau nicht nehmen, auch ihren Causalnexus mit den Fundamental-Lehrsätzen nicht erörtern wollen.

Dasjenige, was man Schwere zu nennen pflegt, ist von der Fallrichtung und Fallkraft des Körpers unzertrennlich. Es ist nichts als

eine Folge der Fallkraft, und äußert sich stets in einer der desfallsigen Einwirkung entsprechenden Richtung. Ein Stein, wagerecht gegen ein Brett geworfen, drückt nur gegen das Brett, und wenn er es weder durchdringen, noch durch die Beschaffenheit des Holzes und einen etwa dadurch hervorgebrachten Gegendruck zurückgeschleudert werden kann, wenn seine anomale Fallrichtung also durch das örtliche Hinderniß des Brettes beseitigt ist, dann erst wird sich seine Fallkraft in der sonst gewohnten Weise geltend machen, denn dann erst bestimmt die Erd-Attractionskraft seine Bewegung, und somit seine Fallrichtung ohne Zutritt einer Nebeneinwirkung. Es dürfte hieraus wohl schon hervorgehen, daß der Ausdruck Schwere nicht nur entbehrlich, sondern daß auch die eingeführten Darstellungen der Schwere als Eigenschaft eines Körpers unrichtig sind, daß vielmehr dasjenige, was man Schwere nennt, stets das Resultat einer auf Bewegung einwirkenden Kraft, und dieser Einwirkung stets entsprechend ist. Es wäre eine sehr einseitige Vorstellung, wenn man nur da von Schwere sprechen wollte, wo der Druck des Körpers der Einwirkung der Erd-Attractionskraft genau entsprechend ist; und wenn man zugeben muß, daß die Schwere des Körpers nicht immer auf die Erde, sondern wie gezeigt, auch in horizontaler Richtung auf das Brett einwirken kann, dann wird man auch zu besseren Ansichten über Schwerkraft gelangen, und bei einer Anschauungsweise, welche sich nicht nur praktisch überall bewährt, wo man sie auch anwendet, sondern welche auch einfach und überzeugend aus der Grundlehre hergeleitet werden kann, alle die Inconsequenzen vermeiden, zu welchen jede andere Anschauungsweise führen muß.

Die vorstehend aufgestellten Grundsätze sind schon seit längerer Zeit, wenn auch unbewußt, in der Industrie praktisch zur Anwendung gekommen, und nur der Umstand, daß man aus dem Standpunkte der Theorie ganz anders deducirt, dürfte so viele vergebliche Versuche im Maschinenbau u. s. w. erklärbar machen. Der Maschinenbauer will theoretische Lehren und Ausführungen zur Anwendung bringen, die irrig sind, sich also in der Praxis nicht bewähren können und

deshalb das Mißlingen seines Werkes von Hause aus mit Sicherheit bestimmen lassen.

Eine bestimmte Norm muß für alle Fälle, ohne Ausnahme, maßgebend sein. Die Naturgesetze kennen keine Ausnahmen, und wo dergleichen gefunden werden, da liegt stets der Grund in einem Verkennen der Naturkraft, des Gesetzes selbst, oder der Umstände. Wo ein sicheres Fundament ist, da muß man auf dem Fundamente weiter bauen, wo nicht, ein anderes Fundament suchen, und will man anderweit einzelne Baumaterialien prüfen, so muß man auch darauf sehen, ob sie zum Fundamente und unter sich passend sind; denn eine einzige unbrauchbare Unterlage nöthigt zu neuen Mißgriffen und droht dem ganzen Gebäude den Einsturz, weil es Flickwerk war.

27.

Fallkraft und Fallgeschwindigkeit.

Wenn Fallkraft, Schwere und Schwerkraft gleichbedeutend, Resultate derselben Einwirkung sind, so kann die zunehmende Fallgeschwindigkeit das Resultat der Erd-Attractionskraft nicht sein, denn in diesem Falle müßte die Fallkraft Einfluß auf die Fallgeschwindigkeit haben, das heißt, ein Körper, der eine größere normale Fallkraft hat (eine größere Schwere im Zustande der Ruhe), müßte auch schneller fallen, als ein Körper von geringerer normaler Fallkraft; dem ist aber keineswegs so, wie die Luftpumpe lehrt, denn unter derselben fällt der schwere Körper nicht schneller, als der leichtere, und hieraus folgt ganz bestimmt, daß die Ursachen der Fallkraft andere sein müssen, als die der zunehmenden Fallgeschwindigkeit. Die Attractionskraft der Erde bewirkt die Fallkraft, die Fallrichtung ebenfalls; die Fallgeschwindigkeit, das heißt, das regelmäßig zunehmende schnellere Fallen kann sie nicht bewirken; denn die Erd-Attractionskraft wirkt auch an sich schon offenbar gleichmäßig auf den Körper ein, und muß schon deshalb durch diese Einwirkung in abstracto stets ein gleiches Resultat erzielen.

Aus dem Begriffe der Trägheit ist die zunehmende Fallgeschwindigkeit ebenfalls nicht herzuleiten; denn Trägheit ist nicht Widerstand gegen die Einwirkung, sie ist vielmehr etwas rein Negatives, mehr den Mangel einer bestimmten Eigenschaft, welche eine Bewegung aus eigener Kraft bewirken könnte, als eine Eigenschaft (etwas Positives) bezeichnend; sie ist als Zustand, nicht als Eigenschaft anzusehen.

Demnach können die Ursachen der zunehmenden Fallgeschwindigkeit nur in localen Hindernissen gesucht werden, die sich im Fallraume vorfinden, und die, je länger je mehr, durch den fallenden Körper überwältigt werden.

In solchen localen Hindernissen sind sie auch in der That von frühern Forschern schon gefunden worden; aber man verkannte die praktische Anwendbarkeit für alle Fälle, da man zum Theil die Kraft und die Hindernisse nicht richtig auffaßte, und deshalb zuweilen von unrichtigen Prämissen ausging, zuweilen auch falsche Folgerungen machte.

Ueber bereits bekannte Gegenstände wird eine kurze Ausführung genügen. Die Berechnungen darüber, in welcher Art sich die Fallgeschwindigkeit mit dem Fallraume vermehrt, können dahingestellt bleiben; sie alle beruhen auf Erfahrungen rein relativer Natur, welche in abstracto nicht anzuerkennen, aber sehr leicht zu widerlegen sind.

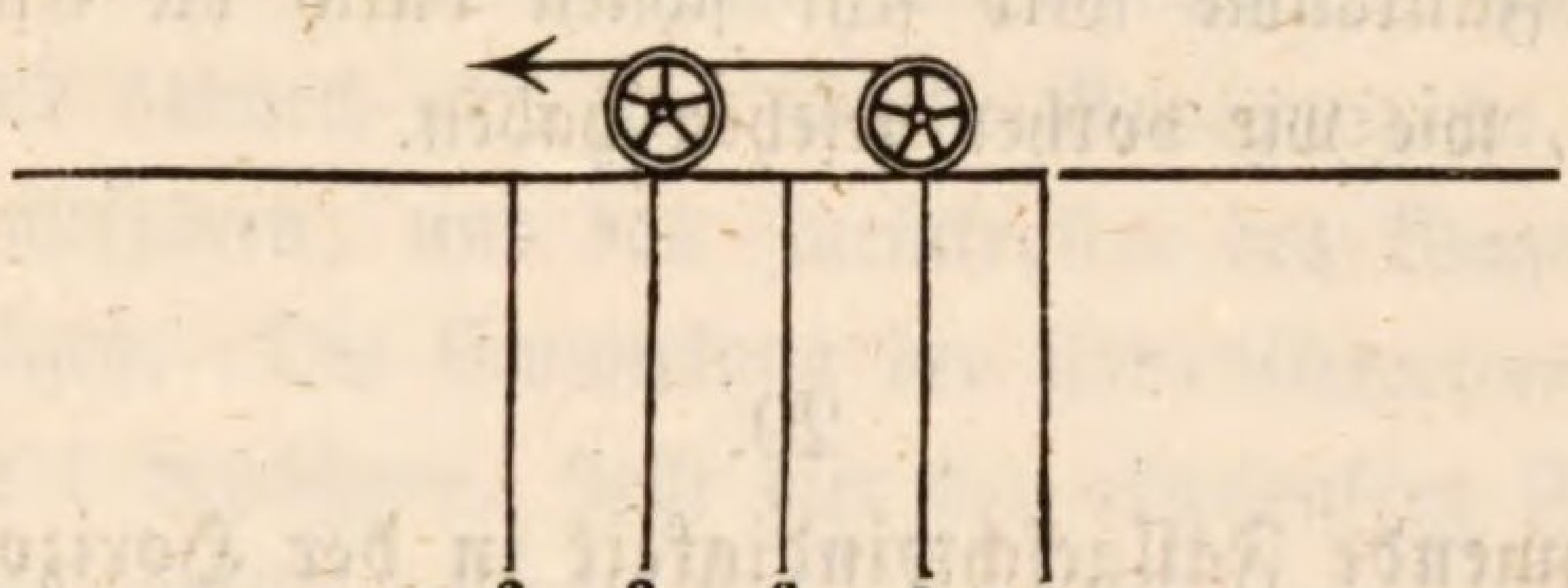
Es kann namentlich keinem Zweifel unterliegen, daß die atmosphärische Luft bedeutenden Einfluß auf die Fallgeschwindigkeit hat, und dieser Umstand scheint dabei gar nicht in Betracht gezogen zu sein. Der Einfluß der atmosphärischen Luft ist von der allergrößten Bedeutung, wenn Luftströmungen vorhanden sind; und deshalb lassen sich diese höchst relativen Rechnungen nur auf sehr wenig Körper anwenden.

Eine Flaumfeder, ein Fallschirm &c., die doch auch Körper sind, ergeben geradezu ganz andere, oft entgegengesetzte Resultate.

28.

Fallgesetze für die Horizontale.

Die nachstehende Figur möge einen Wagen vorstellen, der auf einer horizontalen Fläche rollt.



Wenn die Fläche durch das Pendel (Bleiloth) selbst bestimmt ist, wird sie genau horizontal sein.

Die Einwirkung der Erd-Attractionskraft auf diesen Wagen wird durch die Linien von f bezeichnet. Ein solcher Wagen, dessen Fortrollen in Folge einer Kraft, welche auf ihn einwirkte, die aber gegenwärtig nicht mehr einwirkt, noch eine Zeit lang fortdauert, das also als ein mittelbar fortgesetztes Fallen zu bezeichnen ist, kann sich während dieser fortgesetzten Bewegung dem Erdmittelpunkte weder nähern, noch von ihm entfernen, er könnte allenfalls nur um die ganze Erde herumrollen. Die Erd-Attractionskraft wirkt aber auf ihn ein, und es fällt schon in die Augen, daß diese Einwirkung nur hemmend sein kann. Die Attractionskraft strebt ihn zum Erdmittelpunkte zu ziehen, und insoweit sie das nicht kann, weil andere Körper mechanische Hindernisse bieten, muß ihre Einwirkung nach der Richtung der Kraft darauf beschränkt bleiben, ihn an der Erdoberfläche zu halten. Die vorhandene Fallkraft, welcher durch mechanische Hindernisse die anomale den Lauf des Wagens bezeichnende Richtung angewiesen ist, hindert dieses Festhalten eine Zeit lang, muß aber nach sehr kurzem Kampfe als die weit schwächere Kraft erliegen. Die Folge ist, daß der Wagen noch eine Zeit lang fortrollt, immer schwächer und schwächer, und

dann stehen bleibt. Er würde auch stehen bleiben, wenn gar keine Friction wäre. Ein Streit über diesen Punkt ist in vielfacher Rücksicht und schon deshalb unnütz, da eine Friction, wenn man auch nur einen Druck darunter verstehen will, unvermeidlich ist, es sei denn, daß ein freier Fallraum da wäre; in diesem Falle ist aber die Fallrichtung eine ganz andere, und jede Abnormität der Fallrichtung in einem freien Fallraume wird sehr schnell durch die Erd-Attractionskraft beseitigt, wie wir vorher gesehen haben.

29.

Zunehmende Fallgeschwindigkeit in der Horizontale.

Es ist nun Erfahrungssache, daß dieselbe Kraft, welche ausreicht, einen solchen Wagen auf horizontaler Fläche in Bewegung zu setzen, denselben bei fortgesetzter Bewegung weit schneller fortrollt, als dies anfänglich der Fall war. Der Grund dieser zunehmend schnelleren Bewegung liegt offenbar:

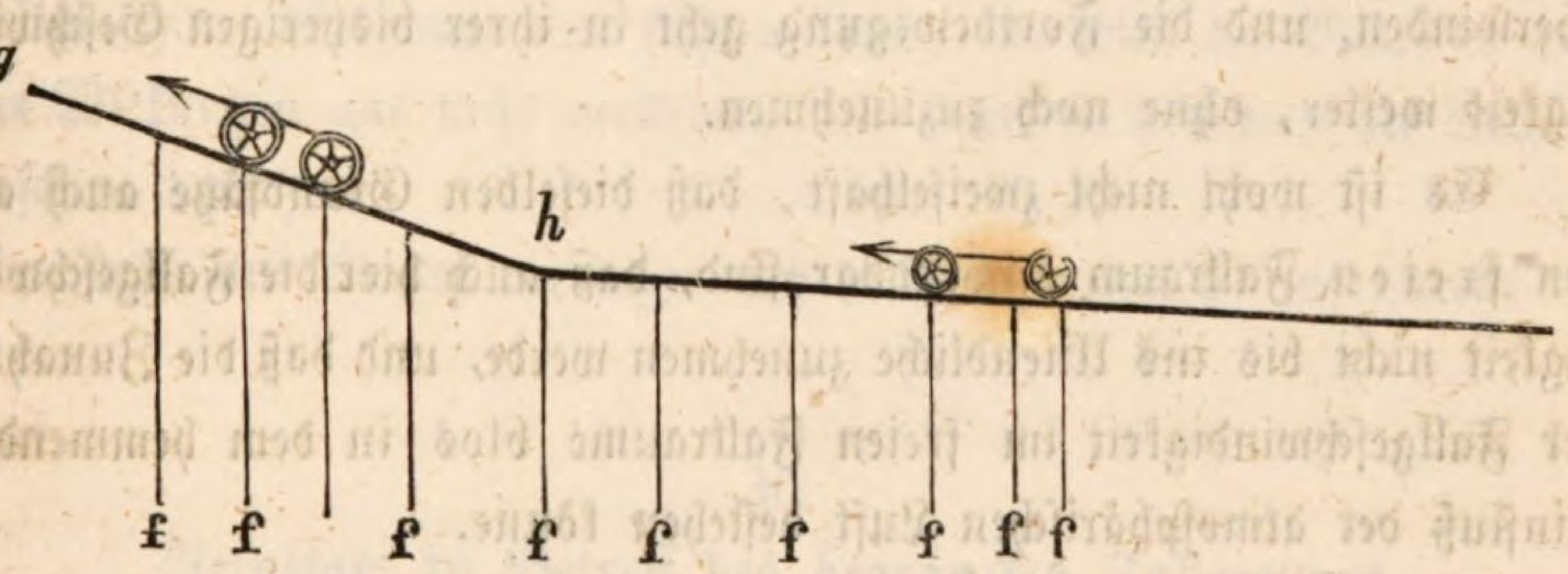
1) in der atmosphärischen Luft, welche dem Wagen Widerstand leistend, je länger je mehr überwältigt wird;
2) in der Friction an der Horizontalfläche.

Diese Friction ist auf der ganzen Horizontalfläche eigentlich ganz gleich, und dies soll hier ausdrücklich noch vorausgesetzt werden; demungeachtet hat der fortrollende Wagen nach kurzer Zeit weniger und weniger mit der Friction zu kämpfen. Der ganz einfache Grund dieser Erscheinung liegt in der Fallrichtung, das heißt in der anomalen Fallrichtung, die dem Wagen angewiesen wird, und die sich auch geltend machen würde, wenn man die horizontale Fläche plötzlich beseitigte, so daß der Wagen freien Fallraum hätte.

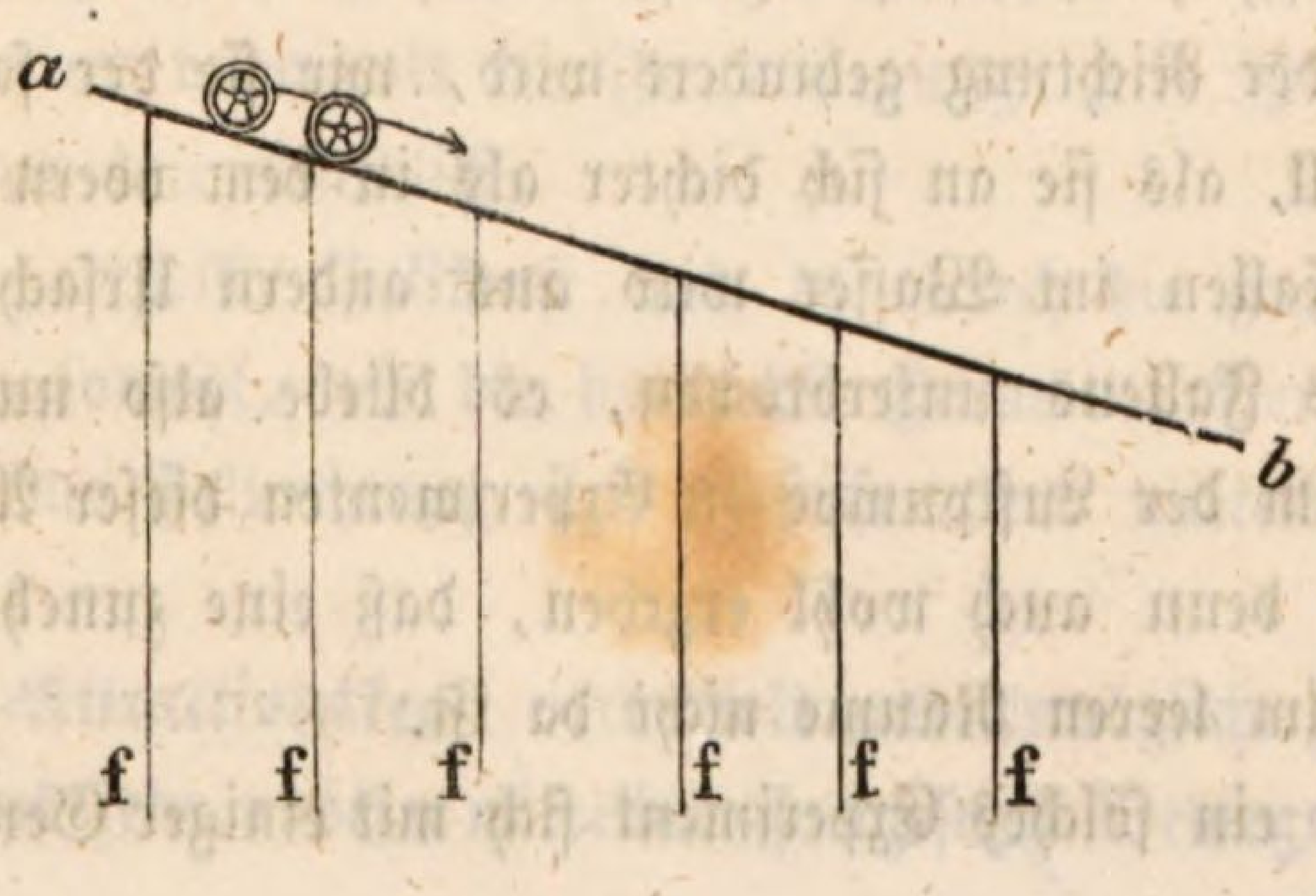
Wenn ein solcher Wagen deshalb in seinem Laufe eine Brücke berührte, die nicht geeignet wäre, ihn im normalen Zustande zu tragen, sondern unter ihm einbräche, so würde er im schnellern Laufe ungehindert eine solche Brücke passiren können. Seine Fallrichtung hat sich geändert, und in Folge dieser veränderten Fallrichtung kann

ihm die Friction weniger Hindernisse bieten, die Erd-Attractionskraft weniger hemmend auf ihn einwirken, deshalb wird seine Bewegung schneller.

Gelangt aber der Wagen in seinem Laufe auf eine Fläche, die nicht horizontal ist, sondern die ihn vom Erdmittelpunkte entfernt, wie in nachstehender Figur die Fläche von h bis g, so muß alsbald die Bewegung sehr langsam werden, und wenn nicht eine sehr große treibende Kraft und dadurch eine sehr schnelle Bewegung da war, in kurzer Zeit ganz aufhören, und das Zurückrollen des Wagens nach dem Punkte h erfolgen. Die Einwirkung der Erd-Attractionskraft, durch die Linien von f bezeichnet, stellt hier der abgelenkten Fallkraft ganz entscheidende Hindernisse entgegen.



Betrachten wir jetzt die Sache umgekehrt, also einen Wagen, der auf ebener, jedoch nicht horizontaler Fläche ruht, so muß auch ohne alle Einwirkung ein Fallen erfolgen, dessen Richtung die Erd-Attractionskraft und der zulässige Fallraum bestimmen, also ein Fallen von a nach b unserer Figur:



Das Fallen wird anfänglich langsam sein, denn die Resultirende will eine andere Fallrichtung erzwingen, als sie die Fläche zuläßt. In Folge dieser Doppelwirkung wird diese Fallneigung dem Wagen (wenn dieser Ausdruck gestattet ist) mitgetheilt, und hierdurch die Fallkraft, je länger je mehr, der gegebenen abweichenden Falllinie angepaßt. Die Bewegung erfolgt deshalb schneller, die Friction wird fast gänzlich beseitigt.

Die Sache hat indessen ihre Gränzen, wie erfahrungsmäßig bei der Horizontalbewegung wenigstens feststeht. Wenn die Hemmnisse der atmosphärischen Luft, die nur temporär mehr einwirken können, sowie der Friction, bis zu einem gewissen Grade überwunden sind, wenn die möglichst günstige Fallrichtung erreicht ist, dann ist nichts mehr zu überwinden, und die Fortbewegung geht in ihrer bisherigen Geschwindigkeit weiter, ohne noch zuzunehmen.

Es ist wohl nicht zweifelhaft, daß dieselben Grundsätze auch auf den freien Fallraum anwendbar sind, daß auch hier die Fallgeschwindigkeit nicht bis ins Unendliche zunehmen werde, und daß die Zunahme der Fallgeschwindigkeit im freien Fallraume blos in dem hemmenden Einfluß der atmosphärischen Luft bestehen könne.

Eine Luftsäule von 6 bis 10 Fuß, allenfalls auch 100 Fuß Höhe, von der Erdoberfläche aufwärts gemessen, wird überhaupt gar nicht maßgebend sein können. Die Expansivkraft der atmosphärischen Luft, an sich schon stark, wirkt um so stärker auf den fallenden Körper hindernd ein, als sie durch die feste Erdoberfläche und die daneben liegenden Luftschichten, welche ebenfalls auf die Erde drücken, an Ausdehnung in der Richtung gehindert wird, wie sie der fallende Körper erzwingen will, als sie an sich dichter als in dem obern Luftraume ist. Bei einem Fallen im Wasser wird aus andern Ursachen die Regelmäßigkeit des Fallens unterbrochen, es bliebe also nur der sehr beschränkte Raum der Luftpumpe zu Experimenten dieser Art übrig, und diese dürften denn auch wohl ergeben, daß eine zunehmende Fallgeschwindigkeit im leeren Raume nicht da ist.

Ob aber ein solches Experiment sich mit einiger Genauigkeit unter

der Luftpumpe überhaupt anstellen läßt, möchte zu bezweifeln sein, zumal der Beobachter sich nicht selbst im luftleeren Raume befinden kann. Er scheint mehr zum Denken als zum Experimentiren berufen zu sein, und kommt damit auch weiter.

Es ist ein sonderbarer Einfall einzelner Gelehrten, Fallmaschinen zu ersinnen, und für solch unnützes Gerümpel Geld und Zeit zu verschwenden, während Natur und Industrie tausende solcher Maschinen zeigen. Jedes lebende Wesen, der Vogel in der Luft, der Fisch im Wasser, jeder leblose Körper, jedes Blatt am Baume ist dem Loose des Fallens fortwährend ausgesetzt. Die Natur zeigt uns tausend fallende Körper, theils in höchster Einfachheit, theils im complicirten Falle, und wer für diese kein Auge hat, wer das Bedürfniß einer Fallmaschine überhaupt nur fühlen kann, der wird die Maschine und ihre Wirkungen gar nicht verstehen, und kann sie höchstens als Rechenmaschine benutzen.

Zopf und Natur vertragen sich nun einmal nicht zusammen!

30.

Resultate in Betreff des begränzten Fallraumes.

Die vorstehenden Erörterungen ergeben in näherer Zusammenstellung nachstehende Resultate für den begränzten Fallraum, in Anbetracht der mittelbar fortgesetzten Bewegung:

1) die Horizontale ist die entsprechendste Berührungsfläche, um den möglichst größten Fallraum zu gewinnen;
2) die Friction vermittelt die Fortbewegung, und ist hierzu ebenso nöthig als unvermeidlich;
3) künstlich ertheilte Fallkraft und die durch die gewaltsame Einwirkung sowohl, als die durch die Form der Berührungsfläche angewiesene Fallrichtung sind Ursachen der mittelbaren Fortbewegung;
4) die Erd-Attractionskraft vermittelt und ermöglicht zwar diese wie überhaupt jede andere mittelbar fortgesetzte Bewegung, aber die

Erd-Attractionskraft wirkt der Gewalt auch gleichzeitig entgegen;

5) die geringere concrete Fallkraft gewährt dem Körper in Betracht der Erd-Attractionskraft, zu Gunsten der künstlichen Einwirkung Vortheile; er wird durch Einwirkung der Erd-Attractionskraft weniger geschwächt, sie setzt ihn aber in Nachtheil in Betracht des Fallhindernisses der atmosphärischen Luft, und deshalb ist

6) die Form des Körpers von erheblichem Einfluß auf den Fallraum, und zwar nicht blos in Anbetracht der atmosphärischen Luft, sondern auch der Friction.

Diese letztere Aufstellung, wie die sub Nr. 1 gedachte, bedarf einer nähern Ausführung.

Die Kugelform ist bereits als die günstigste Form in Betreff der Friction nachgewiesen. Dies gilt aber nur unter gewissen Voraussetzungen. Die Scheibenform gewährt nämlich größere Vortheile für die Fortbewegung, und zwar deshalb, weil ein Körper in dieser Form in Betreff der Friction gleiche Vortheile genießen kann, als diejenigen sind, welche der Kugelform zukommen, vorausgesetzt, daß die Berührungsfläche des Körpers abgerundet ist, er ist aber durch diese Form selbst zur leichtern Durchdringung der atmosphärischen Luft mehr geeignet, und bietet gleichzeitig der Erd-Attractionskraft bei seiner Form weniger Molekule, seine concrete Fallkraft kann also durch die Erd-Attractionskraft weniger geschwächt werden.

Ein Thalerstück, welches sich rollend auf einer Horizontalfläche fortbewegt, wird deshalb ebenso wie auch beim Wurfe durch den freien Fallraum im Vortheile sein. Deshalb ist das Wagenrad in seiner bekannten Form vorzüglich seinem Zweck entsprechend construirt; denn bei einem solchen Wagenrade wird die Berührungsfläche in der gewollten Art, durch die mechanische Verbindung des Rades mit dem Wagen, möglich gemacht.

Betrachtet man aber das Rad ohne diese Verbindung, allein, als einen Körper in mittelbar fortgesetzter Bewegung, so ergiebt sich beim ersten Anblick, daß zwar die Naturkraft stets in höchster Reinheit und

Gleichmäßigkeit einwirkt, daß selbst die Fallhindernisse der Berührungsfläche, der Horizontalebene, die ursprüngliche künstliche Fallrichtung nicht beseitigen können, solche vielmehr fortwährend deutlich erkennen lassen, daß aber selbst das unscheinbarste Fallhinderniß um so mehr von Einfluß auf den Stützpunkt werden muß, wenn die künstliche Fallkraft durch den Einfluß der Erd-Attractionskraft geschwächt ist; das unbedeutendste Fallhinderniß macht dann vermöge der dadurch bewirkten Abweichung des Rades aus seiner vertikalen Lage eine Zirkelbewegung nothwendig, und bereitet dadurch das Umlegen des Rades vor, bei welchem sich noch die ursprüngliche Einwirkung und Richtung der künstlichen Fallkraft selbst in der möglichst engsten Zirkelbewegung erkennen läßt.

Einer solchen anscheinend anomalen Bewegung ist die Kugelform nicht ausgesetzt, da sie stets ihrer Form wegen in gleicher Art gestützt ist, der Erd-Attractionskraft überall und in jeder Lage gleiche Molekule bietet.

Die Bewegung der Kugel kann demnach ähnliche Modificationen, welche lediglich die Form und die veränderte Lage der Molekule des Rades zur Resultirenden bewirken mußten, nicht erleiden, aber die Kugel wird auch, ihrer mehreren Molekule wegen, durch die Erd-Attractionskraft mehr geschwächt.

Zur Unterstützung der frühern Behauptung, nach welcher gerade die Friction als Mittel zur Fortbewegung erscheint, mögen nachstehende Experimente dienen.

1) Es ist nicht möglich eine Kugel im freien Fallraume durch Werfen soweit fortzubewegen, wie dies auf einer Horizontalfläche durch Fortrollen, also bei einer fortwährend vorhandenen Friction geschieht.

2) Es ist bekannt, daß eine Kanonenkugel eine dem Gesammtresultat nach horizontale Bewegung in möglichster Entfernung erreichen kann, je mehr sie der Friction unterworfen wird.

Am auffallendsten ist diese Erscheinung auf dem Meeresspiegel. Sie ist hinlänglich bekannt, und bei Seegefechten pflegt diese Friction

zum Schusse in weiten Entfernungen benutzt zu werden, wie sich denn auch auf dem festen Erdboden dieselbe Erscheinung findet; ihre theoretische Erklärung ist bereits früher gegeben.

Es ist kein Grund vorhanden, welcher die Benennung Friction in Betreff der Wasserfläche, ja in Betreff des Wassers überhaupt und selbst in Betreff des Luftraumes, in wesentlicher Bedeutung angesehen, ausschließen könnte. Luft und Wasser sind Körper; der Fisch bewegt sich beim Schwimmen vermittelst der Friction. Seine Flossen drücken durch eine kräftige Bewegung in derselben Art auf den Wasserkörper, wie die Ruder des Schiffers, wie die Räder des Dampfschiffes, und bewirken dadurch die erstrebte Bewegung. Der Vogel in der Luft bewegt sich in ganz gleicher Weise. Sein Körper, an sich leicht, wird durch eine besondere Bevorzugung der Natur als Luftschwimmer begünstigt. Bei der höchsten Elasticität und Schwungkraft der Flügel scheint jede Feder mit dem leichtesten Gase gefüllt zu sein, welches sich beständig erneut und ergänzt, und selbst nach dem Tode des Thieres langsam entschwindet, so daß die Differenz in der Schwere deutlich bemerkbar wird, und überzeugend selbst für den hervortritt, der nicht geneigt ist, auf anatomischem Wege hierüber das Speciellere zu ermitteln.

31.
Speciellere Kritik der Pendelerscheinungen.

Die vorstehend aufgestellten Grundsätze sind als solche bezeichnet, welche ganz allgemein und unter allen nur denkbaren Verhältnissen Anwendung finden. Sie sind stets probehaltig, und das eben, sowie ihre theoretische Folgerichtigkeit, wird für ihre Richtigkeit hinreichend garantiren.

Bei ihrer speciellen Anwendung auf das Pendel ist zunächst fraglich, ob dasselbe eine zu- und abnehmende Fallgeschwindigkeit habe, oder nicht?

Das Pendel hat eine zunehmende Fallgeschwindigkeit nicht, und kann eine solche nicht haben.

Wenn die Bewegung des Pendels ein Fallen in der Horizontale ist, obschon durch den Fallraum unter der Horizontale herbeigeführt, so kann nur fraglich sein:

ob nicht die größere normale Fallkraft des Pendels Einfluß auf dieses Fallen habe, und welchen?

Dabei darf man nicht vergessen,

1) daß die Schwingungen bei gleicher Länge der Pendelschnur auch von gleicher Dauer sind, daß also anscheinend die concrete und relative Fallkraft des Pendels trotz der atmosphärischen Luft nicht von Einfluß ist;
2) daß in derselben Zeit, in welcher das Pendel eine doppelte Vertikal-Schwingung macht, auch eine sogenannte Horizontal-Schwingung von ihm erfahrungsmäßig vollendet wird;
3) daß überhaupt der Raum, den das Pendel bei einer Schwingung durchläuft, auf die Dauer der Schwingung erfahrungsmäßig keinen Einfluß hat.

Alle diese Erscheinungen müssen in Uebereinstimmung gebracht werden, sonst ist die Aufgabe keineswegs gelöst.

Ich selbst stehe bei Behandlung ähnlicher Gegenstände im Vortheil, weil ich physikalische Werkzeuge nicht besitze, mir also auf anderem und besserem Wege helfen muß.

Ich leite also aus dem frühern Vortrage folgende Resultate ab in Beziehung auf:

32.

Fallkraft und Fallgeschwindigkeit.

Beide sind ganz verschiedener Natur, und müssen dies sein.

Ob ein Körper aus hundert oder tausend Molekulen, gleichen Theilchen, besteht, bleibt sich in abstracto gleich in Beziehung auf Fallgeschwindigkeit, in Beziehung auf Fallkraft kann es sich aber nicht gleich bleiben. Denn tausend gleiche Theilchen müssen einen zehnmal stärkern Druck auf die Fallhindernisse üben, und sie deshalb schneller

und kräftiger beseitigen als hundert Theilchen, und diese Behauptung läßt sich durch ein höchst einfaches Experiment klar nachweisen:

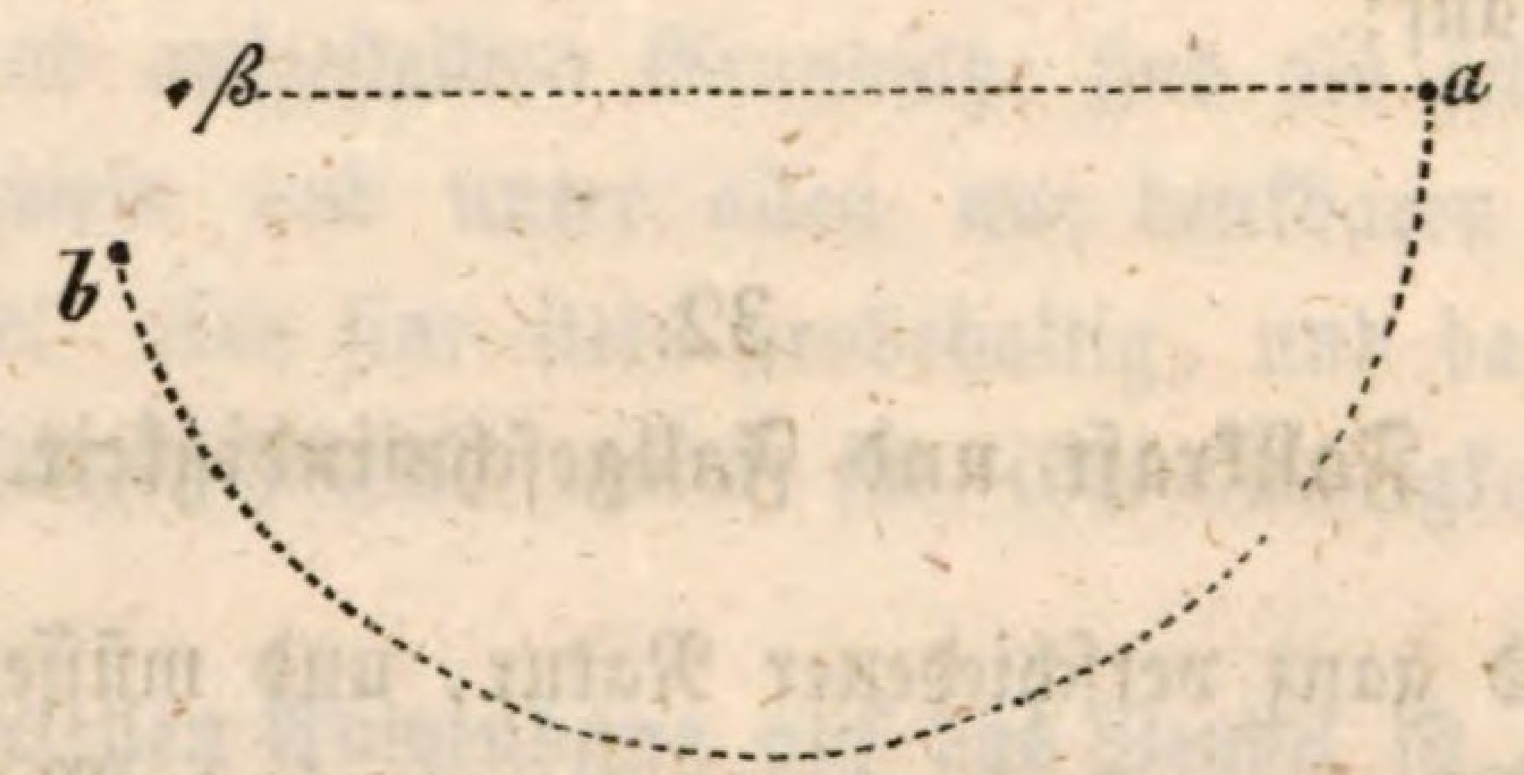
Wenn man eine Bleikugel auf eine Wagschale in luftleerem Raume fallen ließe, so würde sie ebenso schnell die Fläche der Wagschale erreichen, als zehn gleiche Bleikugeln, die man zugleich fallen läßt, aber die zehn Bleikugeln werden auf die Wagschale (das Fallhinderniß) weit mehr einwirken als dies eine thut.

Schmilzt man nun die zehn Kugeln zusammen und vereinigt sie dadurch zu einem Körper, so wird in der Natur der Sache dadurch nichts geändert, somit dasselbe Experiment erzielt; oder:

die absolute Fallgeschwindigkeit aller Körper ist gleich, aber keinesweges die relative Fallgeschwindigkeit.

33.
Anwendung auf das Pendel.

Die atmosphärische Luft muß das Pendel beim Fallen beeinträchtigen, und hierdurch bewirken, daß es nicht soweit im gegebenen Fallraume vordringen kann, wie dies sonst geschehen würde. Wenn es z. B. bis zum Punkte b der nachstehenden Figur fällt, so ist dieser Punkt b dem auf der Horizontallinie, wie sie die gerade Linie von a bis b andeutet, mit β bezeichneten Punkte entsprechend.



Ein leichtes Pendel ist weniger geeignet, den gegebenen Fallraum vollständig zu durchlaufen; hierdurch erlangt es aber den Vortheil des kürzern Weges, auch bei der Rückbewegung im zunehmenden proportionellen Verhältniß, auch hat es weniger Nachtheil durch die Friction,

denn seine Normal-Fallkraft drückt die Pendelsäule, und je größer seine Normal-Fallkraft ist, um so größer wird auch die Friction, der Druck, sein müssen, und deshalb die Bewegung mehr hindern. Die Sache gleicht sich also aus, und in diesem Betracht wird auch die größere oder geringere concrete Fallkraft der verschiedenen Pendel keinen Einfluß auf die Dauer der einzelnen Schwingungen haben.

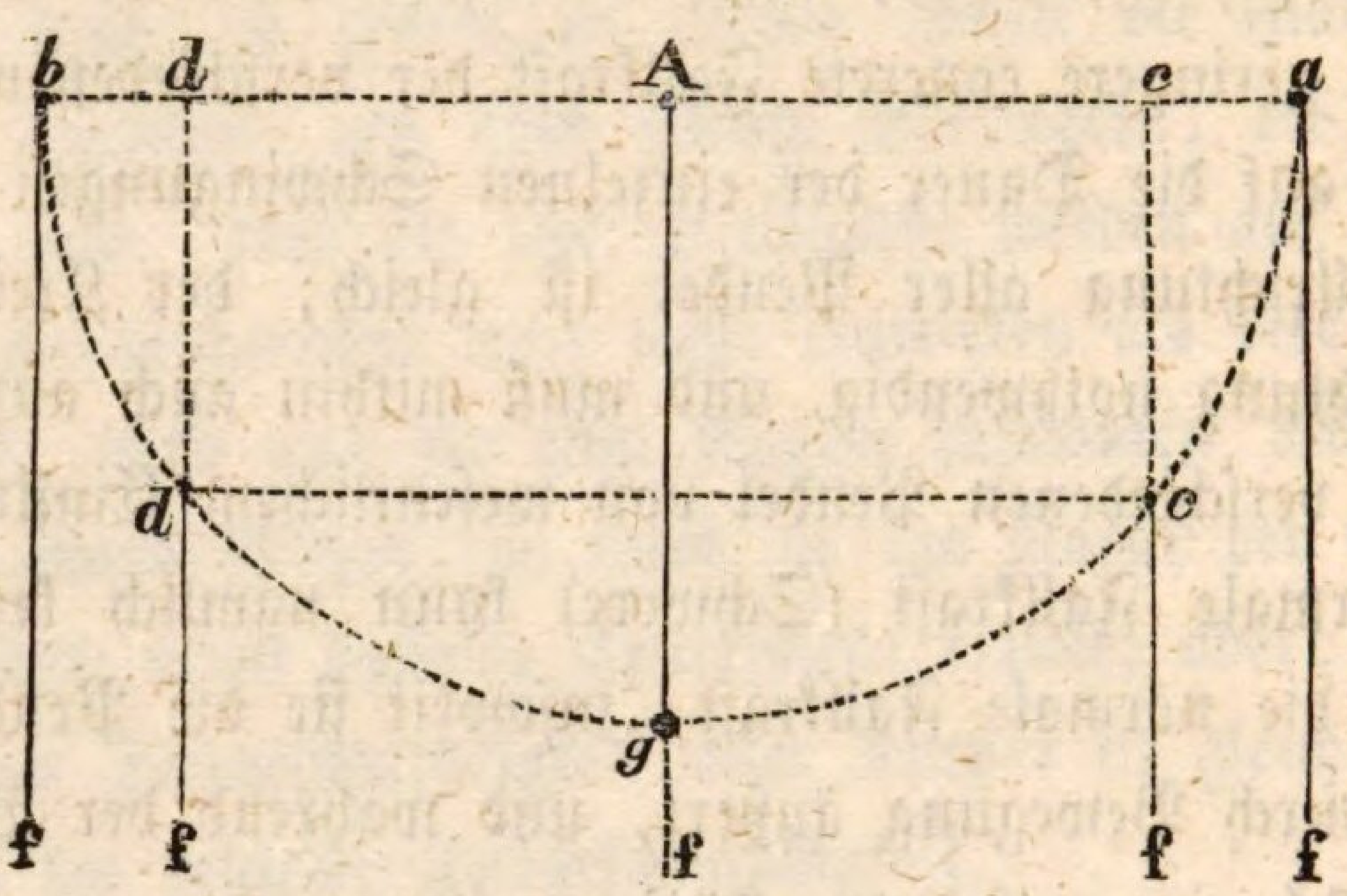
Die Fallrichtung aller Pendel ist gleich; der Kreis macht die gleiche Fallrichtung nothwendig, und muß mithin auch auf die concrete Fallkraft der verschiedenen Pendel von wesentlichem Einfluß sein.

Die normale Fallkraft (Schwere) kann nämlich keinen Einfluß haben, weil die normale Fallkraft, insoweit sie die Pendelsäule nicht drückt, sich durch Bewegung äußert, und während der Bewegung die Pendelkugel sich einem isolirten Körper nähert, oder:

das Verhältniß, die Vertheilung der Fallkraft zwischen Säule und Pendel ändert sich bei der Bewegung fortwährend.

Je mehr die durch die Anfangs-Fallrichtung bewirkte größere concrete Fallkraft zum Nachtheile der Bewegung einwirken müßte, um so kräftiger wird sie durch den passiven Widerstand der Pendelsäule gehemmt; je weniger das Pendel da behindert wird, wo der Pendelverband eine Bewegung gestattet, die sich der Bewegung im freien Fallraume nähert, um so weniger wird die Fallkraft durch den Mechanismus beseitigt. Dieses Verhältniß muß sich selbstredend immer gleich bleiben, ob das Pendel auch eine größere oder geringere Fallkraft besitzt. Die Schwere des Pendels, die normale Fallkraft, kann deshalb auf die Fallgeschwindigkeit keinen Einfluß haben. Hieraus folgt weiter, daß nur die Anfangsfallgeschwindigkeit entscheidend sein könne, und die Anfangsfallgeschwindigkeit hängt wieder von dem Punkte ab, aus welchem das Pendel fällt. Ein Fallraum in vertikaler Anfangsrichtung ist nirgends gegeben; beim Falle aus dem Horizontalpunkte a der nachstehenden Figur, ist die Anfangsrichtung der Richtung im freien Fallraume der (Vertikale) am nächsten, und deshalb hier die größtmögliche Fallkraft für die ganze Schwingung vorhanden. Je weiter der Fallpunkt unter der Horizontale liegt, um so schwächer muß

die Fallkraft, und dieser schwächern Fallkraft muß der gegebene Fallraum entsprechend sein. Dieses Verhältniß ist mit atomengleicher Genauigkeit stets vorhanden, z. B.:



Die Linien von f bedeuten die Einwirkung der Erd-Attractionskraft; ein Pendel aus a fallend, hat die größeste dem Pendel überhaupt erreichbare Fallkraft, jedoch nicht die Fallkraft, welche ein im freien Raume fallender Körper äußern kann, weil schon der nächste und so gleichmäßig jeder, auch der kleinste Raum der Falllinie, seine weitere Abweichung aus dem Vertikal-Falle bewirkt. Es ist beim Beginn des Falles schon nicht als vollständig isolirter Körper anzusehen; es muß hier schon eine, obschon höchst unbedeutende Friction, ein kaum merklicher Druck im Pendelstützpunkte vorhanden sein, und dieser Druck steht der zunehmenden Fallgeschwindigkeit, welche sonst bei dem Fallhindernisse der atmosphärischen Luft eintreten würde, hindernd entgegen. Bei dem Fallen des Pendels aus einem Punkte des obern Vertikalhalbkreises hingegen muß ganz unbedenklich eine zunehmende Fallgeschwindigkeit vorhanden sein (Pendel mit festem Hebel), da die Stützvorrichtung hier theils wenig, theils gar nicht der Fallkraft und Fallrichtung hindernd entgegentreten kann. Ein Pendel, welches im Punkte c fällt, wird weit mehr noch im freien Falle behindert. Seine Fallrichtung hat eine sehr bedeutende Abweichuug von der normalen Fallrichtung, seine Fallkraft kann nur schwach sein.

Und wenn für ein aus a fallendes Pendel die gerade Linie a b

als Horizontale anzusehen ist, so ist für den Fall aus c die Linie c d die Horizontale und somit der gegebene Fallraum, welchen das Pendel vermöge der durch den Fallpunkt bedingten Fallkraft bei einer Schwingung durchlaufen muß, insoweit es nicht durch Friction und atmosphärische Luft gleichmäßig bei beiden Schwingungen behindert wird. Dies ist der Grund einer so auffallenden Erscheinung, welche theilweise schon früher theils der Form theils dem Wesen nach, wenn auch nicht durchgreifend und im vollen Zusammenhange, erörtert worden ist; conf. Nr. 3 gegen Ende.

Hiernach wären die bei Nr. 31 aufgeworfenen Fragen, bis auf die Frage sub Nr. 2 erörtert, zu deren Prüfung eine nähere Darlegung der sogenannten Horizontal-Pendelbewegung erforderlich ist.

Zuvor möge es verstattet sein, meine Meinung über die Pendelbewegung unter der Luftpumpe zu äußern, welche ich durch Erfahrung zu prüfen indessen nicht Gelegenheit finden konnte.

34.

Die Pendelbewegung unter der Luftpumpe.

Wesentliche Abweichungen können sich nicht zeigen. Die Pendelbewegung im luftleeren Raume kann und muß zwar schneller sein, da die atmosphärische Luft nicht hindert, und deshalb wird auch das Pendel etwas mehr im gegebenen Fallraume vordringen, die Gesammtbewegung aber nicht länger dauern, vielmehr der gegebene Gesammtfallraum um so schneller verbraucht sein. Und wie die atmosphärische Luft Widerstand leistet, so wird auch diese Unbequemlichkeit ausgeglichen werden, weil die Normalfallkraft des Pendels im luftleeren Raume größer, und deshalb der Druck auf die Pendelsäule stärker sein muß. Denn wie ein Körper im Wasser um so viel an normaler Fallkraft verliert, wie ein gleiches volumen Wasser deren besitzt, so muß dies im Luftraume ebenfalls der Fall sein, und beim Pendel ist jeder, auch der kleinste wesentliche Umstand von Einfluß, wie es denn

überhaupt Kleinigkeiten in Beziehung auf das Wesen einer Sache nicht geben kann.

Die Frage:

ob beim Wegfall der atmosphärischen Luft und der Friction eine fortwährende Pendelbewegung nothwendig ist?

wird nur auf Verlangen, das heißt, in Betracht des Umstandes aufgeworfen und erörtert, weil sie überhaupt aufgeworfen und bejaht wird. Ich muß diese Frage, abgesehen von dem frühern Vortrage, ganz entschieden mit nein! beantworten, und zwar deshalb, weil ein Pendel ohne Pendelverband kein Pendel, sondern ein isolirter Körper, eine Bleikugel ist, und weil ein Pendel ohne Friction undenkbar ist, weil gerade die Friction, die auf die Säule drückende Fallkraft des Pendels, die längere Fortbewegung bewirkt.

Die entgegengesetzte Behauptung kann nicht mehr bedeuten, als wenn man sagt:

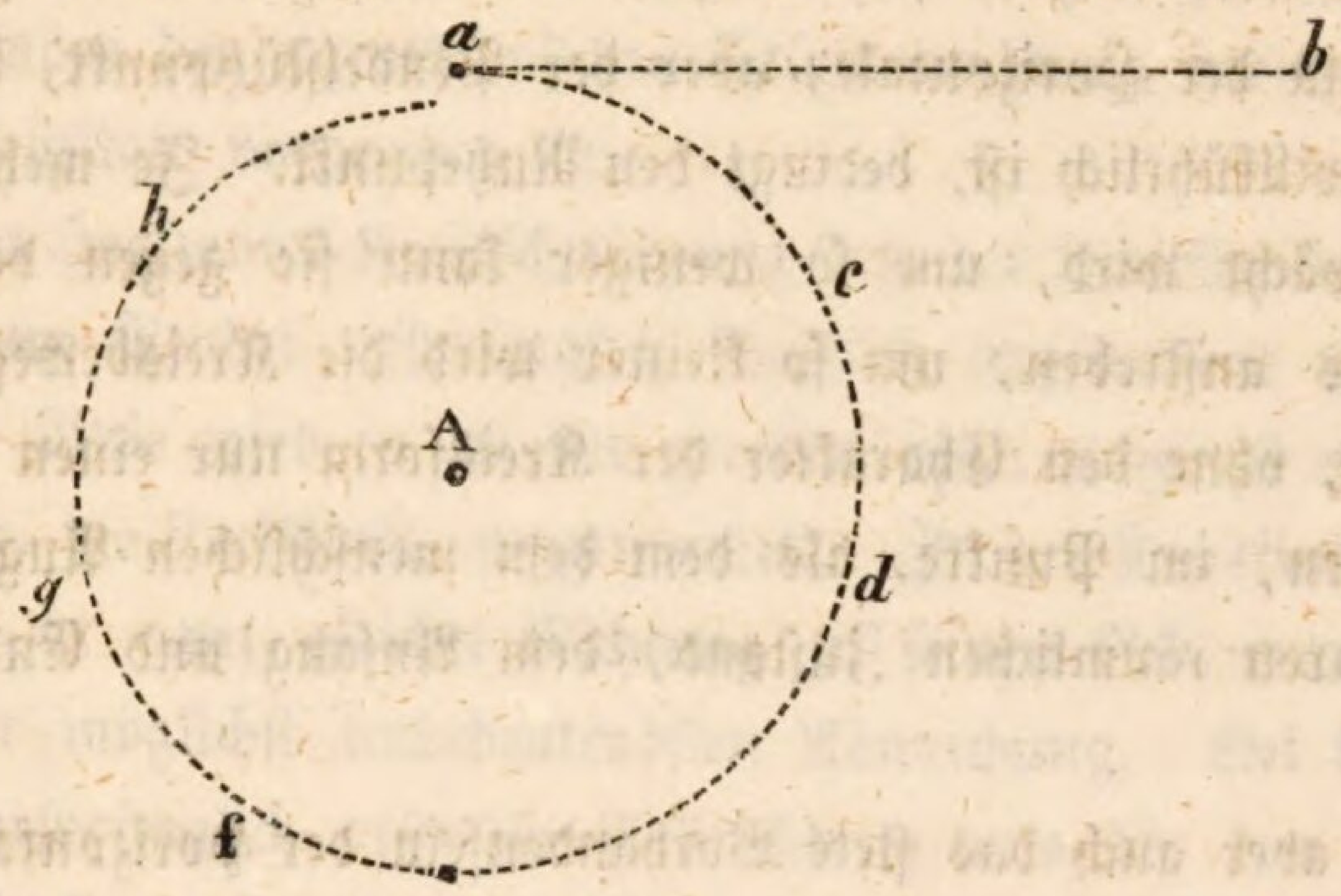
das Pendel müsse sich fortwährend bewegen, wenn es nicht still stehe.

Ohne Pendelverband und Friction ist nur eine Vertikal-Bewegung, der Fall in gerader Linie auf die Erde, und keine Horizontal-Bewegung möglich. Es ist Grundsatz aus strengster Consequenz der Sache geleitet, daß die Erd-Attractionskraft jede Bewegung, die sie bewirkt, auch beseitigt.

35.
Horizontalschwingungen.

Die sogenannte Horizontalschwingung kann nie anders als mittelst gewaltsamer Einwirkung hervorgebracht werden. Ob diese Gewalt das Pendel unmittelbar oder mittelbar trifft, durch Drehen der Pendelsäule, das bleibt sich natürlich gleich.

Die Fallkraft des Pendels wird im letzteren Falle durch Drehen der Pendelsäule so geleitet, daß das Pendel, ohne den Kreis irgendwo zu durchschneiden, in der beispielsweise in nachstehender Figur angedeuteten Richtung vom Punkte a nach b zu abstrebt.



Die Pendelschnur und der Pendelstützpunkt, welcher in der eigentlichen Pendelhorizontale, also über der zu beobachtenden Horizontalbewegung der Pendelkugel liegt, und welcher fixirt ist, macht eine Bewegung von a nach b unmöglich, gestattet dagegen die Horizontal-Kreisschwingung, als diejenige Bewegung, welche der dem Pendel ertheilten Fallrichtung in Betracht des Pendelverbandes möglich und am entsprechendsten ist.

Die Erd-Attractionskraft wirkt auch hier hemmend ein, und zwar in der Art, daß sie das Pendel da, wo es sich gerade befindet, zu fesseln sucht, wie es bei dem auf ebener Fläche fortrollenden Wagen oder bei der Fortbewegung einer Kegelkugel der Fall ist; die Einwirkung der Erd-Attractionskraft kann aber deshalb auf das Pendel nur sehr schwach sein, weil es durch den Pendelverband gegen diese Einwirkung fast vollständig geschützt ist; denn seine normale Fallkraft ist der Pendelsäule aufgebürdet.

Die dazu tretende stärkere concrete Fallkraft, welche überhaupt die Horizontalschwingung nur bewirken konnte, kann deshalb durch die normale Fallkraft (Schwere) des Pendels gar nicht gestört werden; die Erd-Attractionskraft kann unter den gegebenen Verhältnissen nur mittelbar, vermöge der Friction, die Bewegung des Pendels schwächen, und diese Schwächung kann nichts weiter zur Folge haben, als daß die Kreise immer enger und enger werden.

Das Pendel nähert sich deshalb keineswegs der Resultirenden, es ist stets in der Horizontale; aber der Pendelstützpunkt, welcher zufällig und willkührlich ist, bedingt den Ruhepunkt. Je mehr die Fallkraft geschwächt wird, um so weniger kann sie gegen den Pendelmechanismus anstreben, um so kleiner wird die Kreisbewegung, und endet zuletzt, ohne den Charakter der Kreisform nur einen Augenblick zu verleugnen, im Punkte, als dem dem menschlichen Auge bestimmt wahrnehmbaren räumlichen Zustand, dem Anfang und Ende der Bewegung.

Wenn aber auch das stete Vorhandensein der Horizontalbewegung in Betracht der Resultirenden und des künstlichen Pendelstützpunktes leicht erklärbar ist, so muß es doch auffallen, daß die Horizontal-Kreisschwingungen bis zum letzten Augenblicke so entschieden hervortreten, und daß das Pendel nicht früher dem Ruhepunkte zueilt.

Die Form der Gesammt-Horizontalbewegung deutet nachstehende Figur an, nur daß es in der Wirklichkeit noch weit mehrere und deshalb näher nebeneinander liegende Kreisschwingungen macht, als deren in der Figur angedeutet sind.



Man sollte glauben, daß ein Pendel, statt die angedeutete Kreisbewegung, von a beginnend, bis zum letzten Punkte zu verfolgen, nach kurzer Zeit die angedeuteten Kreise durchschneiden und in die Vertikalschwingung übergehen müßte, da der definitive Pendelruhepunkt von ihm erreichbar und niedriger gelegen ist.

Der Grund liegt eben darin, daß, wie früher gezeigt, die Horizontale vermöge der eigenthümlichen Stützvorrichtung bedingt, und deshalb im Resultate vorhanden ist.

Bei der Horizontal-Kreisschwingung liegt der specielle Grund darin: Die dem Pendel ursprünglich künstlich angewiesene Fallrichtung der geraden Linie wird in die der geraden Linie möglichst entsprechende Fallrichtung, die Kreislinie, umgewandelt. In der Kreislinie liegt zwar kein Punkt in ganz gleicher Richtung zu seinen Nebenpunkten, aber doch in der möglichst unbedeutendsten Abweichung. Bei dieser Form wird die ursprünglich erstrebte Fallrichtung und die dem Pendel ertheilte Fallkraft nur sehr wenig beeinträchtigt, zumal die Erd-Attractionskraft, wie vorher gezeigt, nur schwach gegen sie ankämpfen kann; sie muß sich deshalb sehr lange geltend machen. Die Leitung durch den Pendelverband accommodirt die Fallkraft der angewiesenen Fallrichtung, wie früher bei Bewegung eines Wagens auf horizontaler Fläche gezeigt; und daß dem so ist, verräth der Stützpunkt bei der Horizontalbewegung selbst. Ein Pendel, wie man es an der Pendeluhr häufig findet, wo die Verlängerung des Hebels an der Pendelkugel (oder Scheibe) hervortritt, zeigt regelmäßig bei der Horizontalbewegung den momentanen Stützpunkt an.

Der momentane Pendelstützpunkt schützt das Pendel fortwährend gegen den Fall auf den Pendelruhepunkt, gegen das Ueberschreiten in die Vertikal-Bewegung, aber er kann die Bewegung nicht aufheben, er kann die nach abweichender Richtung hingeleitete concrete Fallkraft nicht beseitigen, er kann derselben nicht direct entgegentreten, vielmehr bedingt gerade diese Fallkraft, deren Richtung und die Pendelleitung, den abweichenden Stützpunkt.

36.

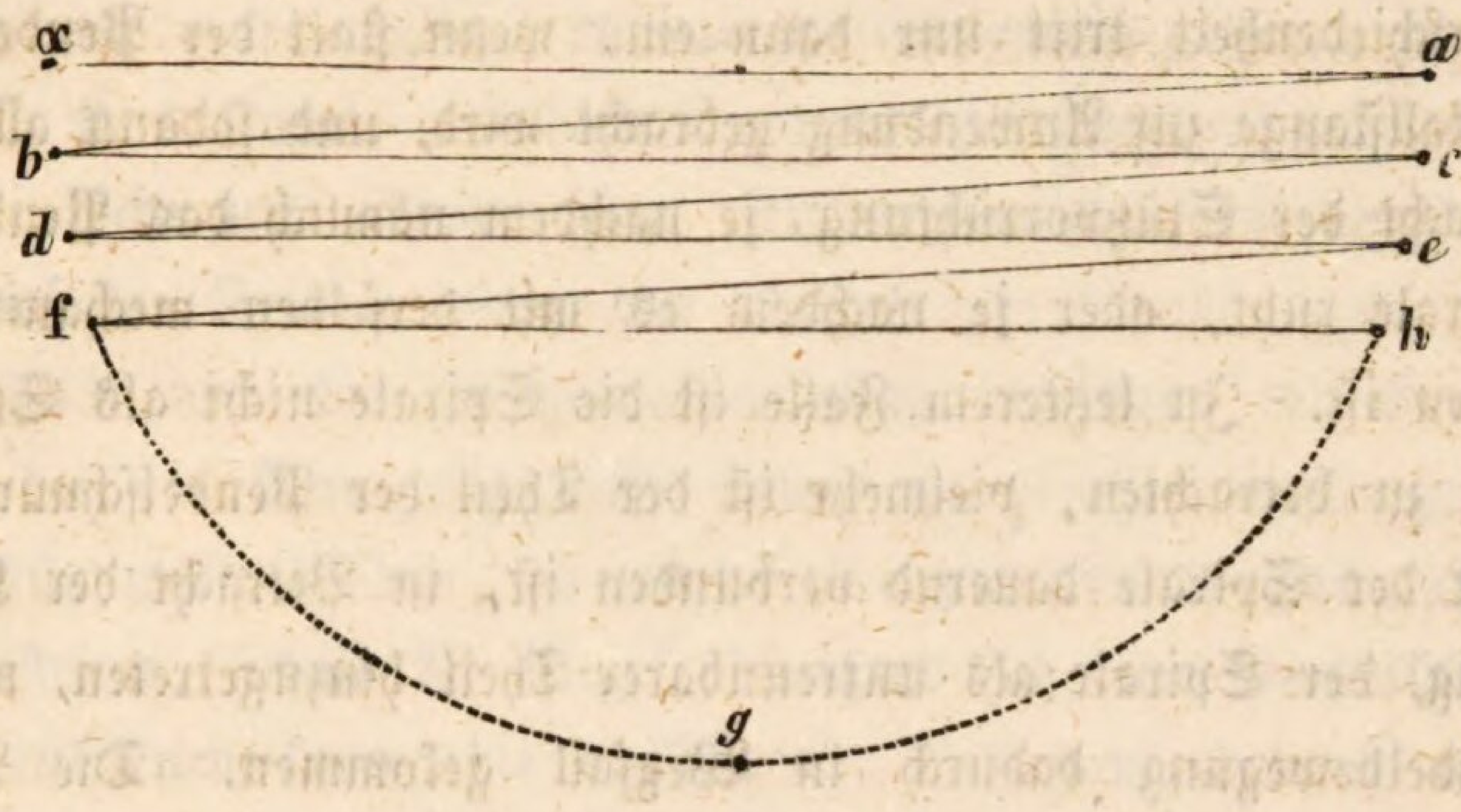
Unterschied in den Horizontal- und den Vertikalschwingungen.

Bei den Vertikalschwingungen sind zwei Punkte, die Pausenpunkte, in denen das Pendel ansteigend den höchsten Punkt erreicht, in denen

es momentan ruht, und dem isolirten Körper am nächsten steht; bei seiner ganzen Bewegung während einer Schwingung drückt die Fallkraft mehr oder weniger und stets in verschiedener Weise auf die Säule. Bei den Horizontal-Kreisschwingungen ist dies anders; hier drückt die Fallkraft fast ganz gleichmäßig auf die Säule, so daß selbst nach mehreren Schwingungen eine kaum wahrnehmbare Abweichung hervortritt. Dies und der Umstand, daß durch gewaltsame Einwirkung in doppelter Beziehung die Horizontal-Kreisschwingung hervorgebracht worden, bilden den wesentlichen Unterschied; denn die Form der Bewegung ist an sich gleichgültig. Zuweilen aber kann auch die Form zu einem Aufschluß führen, und ein Vergleich der Horizontal- und Vertikalschwingung muß schon ergeben, daß auch bei letzterer eine zunehmende Fallgeschwindigkeit nicht vorhanden sein kann. Denn wie die Vertikalschwingung das Pendel in der Horizontal-Linie selbst zu einem Punkte führt, der die so eben beseitigte Fallkraft fortleitet oder von neuem weckt, so muß bei der Horizontalbewegung die ursprüngliche Fallkraft für die Gesammtbewegung ausreichen. Das Pendel erreicht hier keinen Punkt, der seine Fallkraft neu erwecken könnte, es senkt sich aber auch nicht in absteigender Bewegung; es ist durch den Pendelverband gegen die Einwirkungen der Erd-Attractionskraft mehr geschützt.

Dieser Vergleich dürfte mit Sicherheit die frühere Behauptung als richtig nachweisen, daß lediglich der Punkt, aus welchem das Fallen erfolgt, für die Fallkraft und Fallgeschwindigkeit maßgebend ist, ferner daß ein Pendel, sei es in vertikaler oder horizontaler Bewegung, stets den gleichen Raum bei gleicher Anfangsfallgeschwindigkeit durchlaufen muß, und da alle Pendelschwingungen einen gleichen Zeitraum erfordern, wovon der Grund früher gezeigt, so wird auch eine Horizontalschwingung in derselben Zeit vollendet sein, in welcher zwei Vertikalschwingungen, die in ihrer Zusammenlegung eine solche bilden, vollendet sind.

Die Gesammt-Vertikalschwingungen durch ein Bild erläutert, dürfte in nachstehender Figur aufzustellen sein:



Der Fall des Pendels von a erreicht niemals den Horizontalpunkt α, sondern den niedrigern Punkt b, so geht es fort nach dem Punkt c d e f h u. s. w., aber mit Abweichungen im Raume, die sich wegen ihrer Unbedeutendheit dem Auge kaum darstellen lassen, bis der Fallraum verbraucht ist, der im Punkte g endet.

Wollte man nun eine Kugel, die nicht in der Art wie das Pendel gestützt ist, den gegebenen Fallraum durchlaufen lassen, so könnte dies in entsprechender Art durch eine Vorrichtung geschehen, wie sie die von a nach b, b nach c, c nach d u. s. w. angedeuteten geraden Linien, welche schiefe Ebenen mit sehr unbedeutender Abdachung vorstellen mögen, bemerkbar machen. Eine solche Kugel, die aber auf der Fläche selbst ruht, würde den Fallraum sehr schnell verbrauchen, denn sie würde auch bei der unbedeutendsten Abdachung der Flächen mit stets zunehmender Fallgeschwindigkeit fortrollen, die den höchsten Grad im Punkte g erreicht, während dies beim Pendel, der Stützvorrichtung entsprechend, gerade umgekehrt ist.

37.

Allgemeine Regeln für die Pendel-Construction.

Alle die verschiedenen Arten der Pendel, welche eingeführt sind, haben meines Erachtens keine wissenschaftliche Bedeutung, und diese

Behauptung wird sich schon aus dem Vorgange ergeben. Eine wesentliche Verschiedenheit tritt nur dann ein, wenn statt der Pendelschnur eine Metallstange zur Anwendung gebracht wird, und sodann allenfalls in Betracht der Stützvorrichtung, je nachdem nämlich das Pendel auf der Spirale ruht, oder je nachdem es mit derselben mechanisch fest verbunden ist. In letzterem Falle ist die Spirale nicht als Stützvorrichtung zu betrachten, vielmehr ist der Theil der Pendelschnur, welcher mit der Spirale dauernd verbunden ist, in Betracht der Körperbewegung, der Spirale als untrennbarer Theil hinzugetreten, und für die Pendelbewegung dadurch in Wegfall gekommen. Die Pendelschnur ist die Stützvorrichtung, und derjenige Punkt der Pendelschnur, welcher zunächst unter der Spirale liegt, und welcher einer Fortbewegung der Pendelkugel entsprechend fähig ist, ist als Pendelstützpunkt anzusehen. Die Friction, in gewöhnlicher Bedeutung, entsteht hier durch die Reibung derjenigen Theilchen des Pendelfadens unter sich, welche dem Stützpunkte zunächst liegen; durch diese Biegung, welche der Bewegung der Pendelkugel entsprechend sein muß, wird die Pendelschnur in derselben Art geleitet, wie bei einem Pendel, welches auf der Spirale ruht. Wenn man aber zugleich den Druck der Fallkraft des Pendels und dessen Einwirkung auf die Spirale und Pendelsäule als Friction betrachtet, so bleibt sich die Sache bei der verschiedenen Construction ziemlich gleich, denn die Fallkraft muß immer auf die Spirale, den fremden Körper, einwirken, wie man auch die Pendelschnur mit derselben in Verbindung bringen mag.

Bei einer Stützvorrichtung, wo die Pendelschnur auf der Spirale ruht, wo also alle Theile der Schnur sich bei der Pendelbewegung betheiligen müssen, wird die Reibung um so unbedeutender sein, je dünner die Spirale ist. Ein auf einer Strick- oder Stecknadel ruhendes Pendel vollendet eine Vertikalschwingung, während die bei der Friction in Betracht kommenden Berührungspunkte eine Kreislinie bilden, die bei der Unbedeutendheit ihres Raumes im Vergleich mit dem Raume, den die Pendelkugel gleichzeitig durchläuft, kaum in Betracht kommen kann.

Die Erfordernisse des Pendels ergeben sich hiernach von selbst, nämlich um eine möglichst andauernde Gesammtbewegung zu erzielen, muß die Pendelkugel, mit dem Ausdruck des gewöhnlichen Lebens bezeichnet, klein und schwer sein. Ein wesentliches Erforderniß ist es aber, daß die Spirale, wenn das Pendel darauf ruht, rund ist; denn andernfalls wird die Horizontalbewegung beseitigt, die Pendelkugel würde bei der Bewegung nicht immer in gleicher Entfernung vom Pendelstützpunkte bleiben, es würde eine zunehmende Fallgeschwindigkeit entstehen, sobald die Kugel absteigend sich vom Pendelstützpunkte weiter entfernen kann, die aufsteigende Bewegung dadurch erschwert, und überhaupt die Pendelbewegung mehr oder weniger gestört werden; natürliche Fallkraft und Pendelverband würden sich gegenseitig hindernd im Wege stehen.

Ein fehlerhaft construirtes Pendel wäre z. B. vorhanden, wenn eine Körperform, wie es die des Brettes ist, statt der Spirale benutzt würde, mögen auch die Ecken vollständig abgerundet und die Friction an den breiten Flächen des Brettes beseitigt sein, wie es durch eine Aushöhlung geschehen könnte. Eine fehlerhafte Construction in anderer Beziehung wäre es auch, wenn ein ganz ungewöhnlich leichter Körper, z. B. eine Kugel von Hollundermark, zur Pendelkugel benutzt würde. Ein solcher Körper kann der atmosphärischen Luft nur schwachen Widerstand entgegensetzen, seine Gesammtbewegung muß deshalb schneller beendigt sein, abgesehen davon, daß nicht nur der Widerstand der atmosphärischen Luft, sondern auch der Umstand, daß die Schnur selbst auf die Kugel, bei der geringen Fallkraft der letztern, hemmend einwirken kann, daß deshalb die Kugel ihrerseits die Schnur nicht gehörig zu leiten im Stande ist, die Regelmäßigkeit der Pendelbewegung ebenfalls stören muß.

Dergleichen fehlerhafte Pendel können von keinem Nutzen weiter sein, als dem, daß sie oft gerade die wesentlichen Einflüsse und Umstände durch eine augenscheinliche Darlegung der Fehler anzeigen.

Die Pendelbewegung ist seit uralten Zeiten bekannt. Lange vor der Erfindung und dem Gebrauche der mauerzertrümmernden Widder-

köpfe der Römer kannte man sie schon. Selbst Thiere, die Raupe, die Kreuzspinne, welche es liebt, bei heiterem Himmel und unbewegter Luft sich zuweilen in Pendelbewegung an einem Seidenfaden zu schaukeln, mußten dem ersten denkenden Volke auffallen.

38.

Schwungkraft.

Es wird in wissenschaftlichen Werken durchgängig von einer Erscheinung gesprochen, welcher man den Namen „Schwungkraft" beilegt. Ob diese Kraft (?) in dem Körper oder worin sonst liege, wie sie sich von der Centrifugalkraft unterscheide, wie sie sich mit der Schwerkraft vertrage und zu ihr verhalte? überhaupt eine Definition, die allerdings auch Schwierigkeiten haben möchte, ist nicht da, sondern blos eine leere Benennung.

Bei näherer Betrachtung der Sache hat es mit dieser Kraft dieselbe Bewandniß, die es auch mit der Centrifugalkraft hat; und da ich mir nun einmal die undankbare und schwierige Aufgabe gestellt habe, Vorurtheile, soviel dies überhaupt möglich ist, beseitigen zu helfen, so wird auch hierüber eine kurze Ausführung am Orte sein.

Es ist bereits früher gesagt, daß die Schleuder, der Stab, in der menschlichen Hand, bei der Bewegung als der verlängerte Arm zu betrachten sei. Beim Stabe tritt die Aehnlichkeit auch in der Form näher hervor. Ein Stab läßt sich leicht zur Schleuder umgestalten, wenn in der gespalteten Spitze ein Stein oder ein ähnlicher Körper eingezwängt, und dieser Körper, der sich mittelst seiner eignen durch Bewegung erhöhten concreten Fallkraft losmacht, durch die entsprechende Armbewegung fortgeschleudert wird.

Der Schleuderstein ist in dieser Art nicht befestigt; es genügt, daß derselbe durch die Schleuder gegen die Entfernung nach außen so lange geschützt ist, als es in der Absicht dessen liegt, der von dem Werkzeuge Gebrauch macht. Der Stein kann sich bei der Schwingung von der Schleuder nicht entfernen, denn er hat an sich nicht nur eine stär-

kere Fallkraft, als die verschiedenen Theile der Schleuder, sondern er befindet sich bei der Bewegung des ganzen Instrumentes auch in der günstigsten Lage, am äußersten Punkte nämlich, wo die Bewegung ihren Höhepunkt erreicht, er zieht also den Theil der Schleuder, auf welchem er ruht, vermöge seiner durch die Bewegung verstärkten Fallkraft stets mit sich fort, und zwingt dadurch die Stützvorrichtung zum fortwährenden Dienst stets in der Art, wie gerade seiner Fallrichtung entsprechend die Stützvorrichtung sich erfahrungsmäßig wirksam macht.

Die Bewegung des Steines, so lange er mit der Schleuder in Verbindung steht, ist nach der Construction des menschlichen Armes und nach der im übrigen gegebenen Leitung immer kreisförmig, gerade wie beim Pendel; deshalb kann sich der Stein von der Schleuder nicht losmachen, denn seine Fallkraft wird stets in einer möglichst gleichmäßigen Richtung, ohne alle Unterbrechung, wirksam erhalten.

Zur Unterstützung und Nährung dieser Fallkraft, welche theils durch mechanisches Verdrängen des Steines aus dem frühern Raume vermittelst der menschlichen Hand, theils mit Beihülfe der Erd-Attractionskraft bewirkt wird, und welche, so lange die Kreisbewegung in der Vertikale vorhanden, durch die Erd-Attractionskraft beim absteigenden Falle begünstigt wird, genügt es, wenn die Bewegung nur von Zeit zu Zeit durch eine entsprechende, obwohl nur schwache Handbewegung Unterstützung findet.

Die Schleuder ist nichts als ein Pendel, welches durch künstliche Fallkraft in Bewegung gesetzt ist, und bei welchem der Einfluß vom Stützpunkte ausgeht. Eine Erneuerung und Unterstützung der künstlichen Fallkraft ist mehr als ausreichend, um die volle Vertikal-Kreisschwingung zu bewirken und zu unterhalten; denn es tritt hier zur bereits vorhandenen und wirksamen Fallkraft stets neue Fallkraft hinzu; — etwas anderes als Fallkraft ist aber überhaupt nicht vorhanden.

Es ist sehr natürlich, daß der Stein der Schleuder eine Schwungkraft verräth, so lange er mit dem menschlichen Arm durch die Schleuder in Verbindung steht. Die schnellere Fortbewegung bestimmt und erhöht die stärkere concrete Fallkraft, und die Form der Fortbewegung,

die Kreislinie, hindert die Fortbewegung, also die zunehmende Schnelligkeit, selbst wenig, macht aber die Fallkraft des Körpers, in so weit er seiner natürlichen Fallrichtung gemäß aus dem Kreise streben muß, stets in gleicher Art, und nur bei zunehmender Schnelligkeit (also auch bei zunehmender Fallkraft) mehr, dem Gefühle bemerkbar.

Je schneller die Bewegung und je länger die Schnur ist, an welcher sich der Körper befindet, je größer seine normale Fallkraft ist, je günstiger die Fallrichtung sich zur Einwirkung der Erd-Attractionskraft verhält, um so größer wird auch die sogenannte Schwungkraft sein müssen, und dies alles zeigt ganz deutlich, daß die Benennung „Schwungkraft" nichts als eine Thorheit ist, daß die Erscheinung mit der Fallkraft identisch, und weiter auf ihren Grund zurückgeführt, das Resultat der Erd-Attractionskraft ist, welche nur durch ganz zufällige und unwesentliche Umstände in einer anscheinend veränderten Weise sich äußert. Alle Schwungkraft und alle Centrifugalkraft ist sofort beseitigt und verschwunden bei der Bewegung eines Körpers im freien Fallraume, und dies zeigt ebenfalls, was es für eine Bewandniß mit derselben habe. Eine Armbewegung, welche der Fallrichtung des Schleudersteines entgegenwirkt, vernichtet sie ebenfalls. Man darf bei allen solchen Erscheinungen und namentlich auch beim Pendel den Hauptbestandtheil nicht vergessen, und das ist — die Pendelschnur.

39.
Die Pendelschnur.

Auch sie verlangt ihre Rechte. Sie war abhängig vom Pendel, doch das Pendel ist auch von ihr abhängig. Ohne Pendelschnur würde die Bewegung schnell aufhören, eine Kreisbewegung unmöglich sein, und man darf Pendelbewegungen nicht gedankenlos auf Weltkörper anwenden wollen, welche nicht durch Draht und Faden verbunden sind.

Wer das perpetuum mobile durch Schwerkraft finden will, sei es auf oder über der Erde, — der findet es gewiß nicht.

Wir kennen die Gesetze nicht genau, nach welchen sich die Welt-

körper bewegen, und um so mehr müssen wir darnach forschen, alle, die wir geistige Kraft zu solchen Forschungen besitzen.

Es ist dies eine große lohnende Aufgabe und des Schweißes der Edeln werth! Meine Forschungen hierüber („die Erde und ihre Bewegungen" erschienen bei Wehrle in Soest 1857) scheinen noch keinen Anklang gefunden zu haben; doch das kann mich wenig stören. Ich fühle das Bedürfniß einer meinen Kräften entsprechenden Wirksamkeit, und wenn ich auch nur wenig leisten sollte in Sachen, wo zur Zeit von Andern noch nichts geleistet ist, wenn meine Bestrebungen selbst keine Anerkennung finden sollten, so wird das desfallsige Bewußtsein allein meinen Ansprüchen vor der Hand genügen.

Eine Theorie der Körperbewegung haben wir noch nicht, eine Theorie der Weltenbewegung noch weniger.

Ein Lehrsystem, welches bald auf Erd-Attractionskraft, bald auf Schwerkraft fußt, wie es der speciellen Aufgabe gerade bequem ist, bald beide Kräfte in ihrer Verbindung nöthig hat, sodann eine vierte und fünfte Hülfskraft heraufbeschwören muß, um weiter zu kommen, diese fabelhaften Hülfskräfte endlich beliebig und willkührlich wieder in Wegfall bringt, ohne über ihren Grund und ihr Wesen, über die Bedingungen ihres Eintritts und Wegfalls nur die geringste Rechenschaft ablegen zu können, — ein solches Lehrsystem, welches trotz aller dieser Willkühr nicht die einfachste Pendelbewegung überzeugend erklären kann, — das ist keine Theorie.

Die aufgestellten theoretischen Grundsätze müssen überall und für alle Fälle ausreichen, sie dürfen unter sich nicht im Widerspruche stehen, und die Erfahrung selbst, die praktische Brauchbarkeit, muß ihre Richtigkeit garantiren. Nach diesen Grundsätzen bitte ich meine Arbeiten zu beurtheilen, und unterwerfe sie somit selbst der strengsten Kritik. Das aber versteht sich von selbst, daß derjenige, der über Weltenbewegungen urtheilen will, zuvor über Pendelbewegungen muß urtheilen können, sei er Autor oder Recensent! und hier dürfte ich meinen Vorgängern gegenüber im Vortheile stehen, da ich mich zugleich auch auf den Augenschein berufen kann. Vielleicht stehe ich auch im

Vortheile bei meiner Darstellung der Erdbewegungen, nach den vorstehenden Erörterungen! Und wenn bei einer wissenschaftlichen Forschung einige von den Brettern beseitigt werden, mit denen die Pedanterie sich und andern gewohnheitsmäßig die Aussicht in die Natur zu vernageln pflegt, so wolle man dies nicht als eine Vermögensbeschädigung ansehen, denn eine freie Bewegung ist nur nach Beseitigung der Hindernisse überhaupt erst möglich.

40.
Abweichungen der Pendel-Oscillationen.

Wenn in irgend einer Wissenschaft eine Ansicht aufgestellt und mit Gewandtheit durchgeführt wird, die neu ist, so pflegt sich von vielen Seiten sofort ein gewisser orthodoxer Glaubenseifer geltend zu machen, der alles Neue von vorn herein verdammen möchte, wenn es nämlich zugleich auch vernünftig ist. Dagegen finden neue Ansichten zuweilen leicht Eingang, wenn sie besondere Ansprüche auf Geist und Scharfsinn nicht machen können. Die Erörterung dieser allgemein bekannten Erscheinung gehört nicht hierher. Eine solche neue Ansicht, die Glück machte, ist die eines Pariser Gelehrten, Foucault, welcher die Abweichung der Pendel-Oscillationen durch die Rotation der Erde erklären will.

Man bemerkte nämlich bei den Pendelexperimenten auf der Sternwarte zu Paris, daß das Pendel nach längerer Schwingung eine vorherrschende Neigung zur Kreisschwingung in der Richtung von Ost, Süd, West, an den Tag lege.

(Siehe Lehrbuch der Physik und Meteorologie von Dr. Muller I. Band 4. Auflage fol. 213: Erhaltung der Schwingungsebene).

Da man diese Erscheinung gar nicht zu erklären vermochte, so ist es allerdings zu entschuldigen, daß die obige Erklärung überhaupt Aufnahme finden konnte.

Die Rotation der Erde ist unschuldig bei dieser Erscheinung, was kaum einer Ausführung bedarf; denn wenn die Bewegung der Erde

keinen Einfluß auf das in Ruhe stehende Pendel hat und haben kann, wenn sie dessen Bewegung erfahrungsmäßig nicht bewirken kann, so wird sie selbstredend auf seine stattfindende Bewegung auch nicht influiren können.

Das Pendel zeigt stets auf den Erdmittelpunkt, wenn es in Ruhe steht; nebenher zeigt es zwar am Mittag von der Sonne ab, um Mitternacht hingegen auf sie hin, und die Sonne steht fest, oder was dasselbe ist, kann doch als feststehend betrachtet werden; aber so muß es vernünftiger Weise auch zeigen, selbst wenn es an der Pendelsäule fest genagelt wäre, es ist dies also keine Bewegung zu nennen. Die Einflüsse der Resultirenden auf das Pendel ändern sich in keiner Weise bei der Bewegung der Erde. Es ist auch Thorheit, und eine vollständige Gedankenlosigkeit, wenn man den bildlichen Ausdruck: „Erdaxe" dazu mißbraucht, um Erscheinungen nachzuweisen, die sich in der Wirklichkeit nicht finden, und nicht finden können, weil es eben in der Wirklichkeit keine Erdaxe, und somit keine Erdaxenbewegung giebt, wozu übrigens noch manches Andere gehören würde.

Um nun den Grund der Abweichung der Pendel-Oscillationen näher zu untersuchen, muß vorab bemerkt werden, daß dergleichen Abweichungen aller Wahrscheinlichkeit nach an vielen Orten vorkommen möchten, die einen anderweitigen Grund haben. Man hat nämlich die Beobachtung gemacht, daß Gebirge, die in horizontaler Richtung in der Nähe des Pendels liegen, einen Einfluß auf dasselbe äußern, was auch in der Natur der Sache liegt. Bei der Ruhe des Pendels wird man diesen Einfluß nicht leicht bemerken, denn wir kennen nur das Pendel selbst als Anzeiger der Vertikale, als Handweiser auf den Erdmittelpunkt; bei der Bewegung aber ist es anders. Die Richtung, welche dem Pendel bei Beginn der Bewegung gegeben wird, ist willkührlich, und wenn Erdmolekule vorhanden sind, die einen besondern Einfluß aus einer bestimmten Richtung her auf das Pendel geltend machen können, dann ist die nothwendige Folge die, daß sie die Bewegung in die dadurch bedingte Richtung hinleiten müssen.

Jedenfalls muß derjenige also, der überhaupt Pendelexperimente

der in Rede stehenden Art anstellen will, erst das Terrain kennen, um zu wissen, ob nicht dergleichen Bedingungen vorliegen.

Hierüber läßt sich, wenn die Experimente nicht ganz planlos und gedankenlos angestellt werden, sehr bald Gewißheit erlangen, und es ist dann zu berücksichtigen, ob und in wie weit die Localität Einfluß hat.

Die zu erklärende Erscheinung kann in rein localen Verhältnissen nicht liegen, vielmehr muß die Einwirkung ambulant sein, wenn die Erscheinung selbst richtig bezeichnet ist; und ich selbst bin nicht im Geringsten zweifelhaft darüber, worin diese Einwirkung bestehe, zumal ich die Einwirkung selbst auf rationellem Wege voraussetzte, und nur zweifelhaft war, ob und in welcher Art sie sich auch empirisch nachweisen lasse; ich trage also kein Bedenken, die Einwirkung in der Attractionskraft der Sonne zu finden.

Daß die Sonne auf die Erde anziehend einwirkt, ist bekannt und allgemein angenommen; diese Anziehungskraft der Sonne wird sich also auch auf alle Erdmolekule, mithin auch auf das Pendel erstrecken. Zur Mitternachtszeit wirken die Attractionskraft der Erde und die der Sonne in Betreff des Pendels Hand in Hand; zur Mittagszeit hingegen muß die Attractionskraft der Sonne das zwischen der Erde und der Sonne liegende Pendel nach der entgegengesetzten Richtung hinleiten, als diejenige ist, nach welcher dasselbe durch die Erd-Attractionskraft hingeleitet wird. Hieraus folgt, daß die Fallkraft des Pendels zur Mitternachtsstunde stärker sein müsse als um die Mittagsstunde, und es ist wahrscheinlich, daß sich durch ein Experiment zu diesen verschiedenen Tageszeiten schon eine, obschon unbedeutende, Differenz in den Pendelschwingungen herausstellen wird, wenn auch die Attractionskraft der Sonne selbstredend so unbedeutend ist, daß sie kaum in Betracht kommen kann.

Mag sie aber noch so unbedeutend sein, bei ihrer veränderten Lage zum Pendel im Verlauf der Tageszeiten während der Pendelschwingungen, wird sie leicht einigen Einfluß haben können, da der Erd-Attractionskraft durch den Pendelmechanismus, wie früher gezeigt,

fast ein vollständiges Gegengewicht entgegengestellt worden ist, mittelst der Stützvorrichtung, was hingegen in Betreff der Attractionskraft der Sonne vermöge der Lage der letztern zum Pendel durchaus nicht der Fall ist. Die kleinste Abweichung, die, wenn sie sich auch nur auf den Raum eines Atoms beschränken sollte, durch die Attractionskraft der Sonne möglich gemacht wird, muß bei jeder neuen Pendelschwingung mehr hervortreten, vorzüglich bei den sogenannten Horizontalschwingungen, denn zu der bereits vorhandenen abweichenden Fallkraft, welche dadurch hervorgebracht worden und sich geltend macht, tritt bei der fortwährenden gleichen Einwirkung stets neue abweichende Fallkraft hinzu, und es ist deshalb nach Verlauf von mehreren Stunden eine in die Augen fallende Abweichung sehr erklärlich, sollte die Attractionskraft der Sonne in der Wirklichkeit einem Körper, der etwa 100 Centner schwer ist, je nach ihrer Lage auch nur 1 Loth rauben oder zusetzen können.

Die ganze Erscheinung und der innere Zusammenhang der Sache spricht zu deutlich für diese Erklärung; die Wichtigkeit der Sache selbst leuchtet ein und wird deshalb wohl eines weitern Experimentes werth sein. Dieses sehr einfache Experiment, welches empirisch die Richtigkeit nachweisen muß, besteht darin, den Versuch zur Nachtzeit zu machen, wo die Lage der Sonne zum Pendel anders ist, wo sich also auch die Erscheinung anders herausstellen müßte. Daß dabei auch der Stand des Mondes in Betracht zu ziehen, versteht sich von selbst.

Eine brauchbare Theorie der Körperbewegung öffnet der Physik fast in allen ihren Zweigen ein weites und fruchtbares Feld der Forschung; denn es giebt hier keine abgeschlossene Lehre; alle Erscheinungen stehen in einem wunderbaren Zusammenhange, und jede Lösung wird eine neue Lösung zur Folge haben. Anders als auf rationellem Wege läßt sich eine Lösung aber schwerlich finden, so allgemein verbreitet auch die entgegengesetzte Behauptung ist. Man darf aber das natürliche so zarte Gefühl für Wahrheit und Recht, welches jedem Menschen innewohnt und bei jedem Mißgriff sich warnend regt, nicht ersticken oder verleugnen, und dadurch gegen die Natur selbst ankämpfen wollen.

Das eben ist der Vorzug des wissenschaftlich gebildeten Mannes, der diese Stimme nicht unterdrücken läßt, daß er die Gründe dieses Gefühls aufzufinden, ihnen Worte zu verleihen, und Geist und Gemüth im Einklange zu erhalten versteht, daß er sich unabhängiger vom Mode-, Schul- und Gewohnheitszwang, wie vom Standesvorurtheil, unabhängiger von der Meinung der Menge halten kann, die diesen Einflüssen mehr unterliegt, daß er bei einer bevorzugten geistigen Ausbildung natürlicher bleibt, die Naturgabe, welche da, wo nicht Zwang und Verbildung eingetreten, das Rechte gewöhnlich schneller und sicherer finden läßt und oft richtiger leitet, als der nur zu oft durch Sophistereien und Schein irre geführte Verstand, in ihrer Reinheit zu erhalten sucht und sie nicht als eine Thorheit verlacht, wodurch er von der Natur selbst abfällt und zum Stubengelehrten, aber vom Vorurtheil nicht frei wird.

Die Naturgabe selbst ist unverkennbar schon beim Kinde vor seiner ersten geistigen Entwickelung vorhanden; selbst bei Thieren, denen geistige Kräfte fehlen, macht sie sich als Instinct, zwar in untergeordneter Weise und mehr auf die thierische Sinnlichkeit beschränkt, oft in einer Art geltend, die man für das Resultat eines geistigen Unterscheidungsvermögens ansehen könnte, bei einzelnen Menschen in einem Grade, den man Ahnungsvermögen nennen möchte, wo die Forschung ihre Gränzen findet, das Geisterreich beginnt.

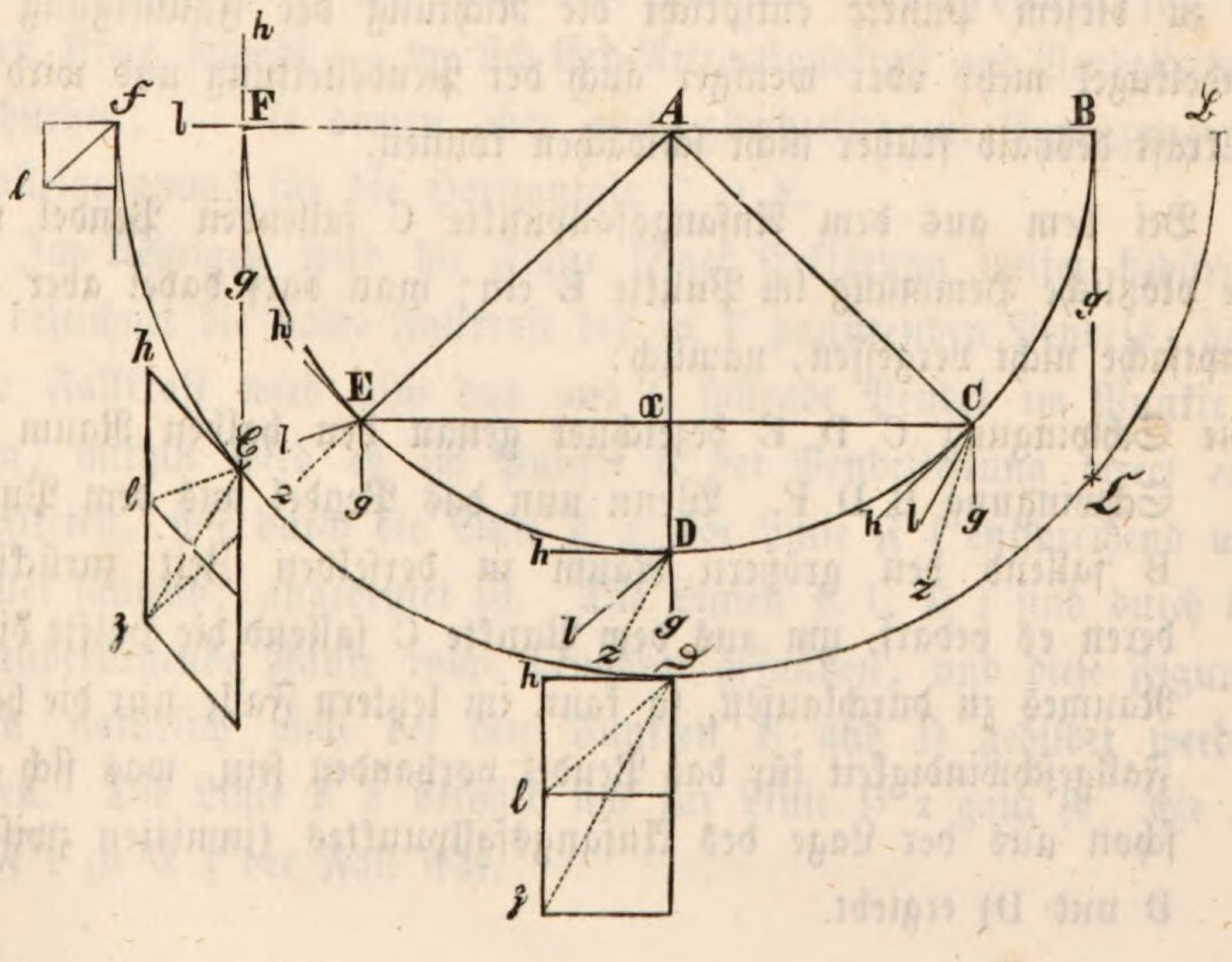
Die Anschauung wird immer verschieden sein, nach der Individualität des Beobachters, ohne daß dies der Wahrheit Abbruch thut, die Natur selbst aber läßt sich von ihren eignen Priestern niemals ungerächt verleugnen.

Nachtrag.

Unterbrechung der Vertikalschwingung.

Eine auffallende und überraschende Erscheinung ist das so plötzliche Erlöschen der Fallkraft in aufsteigender Vertikalschwingung bei Erreichung des höchsten Punktes, welches deutlich bei jeder Pendelbewegung hervortritt, wogegen es sich bei der entsprechenden Bewegung eines isolirten Körpers nicht findet.

Zur schwierigen Erklärung dieser Erscheinung möge nachstehende Figur dienen, in welcher das Pendel, vom Punkte B fallend, in den Punkten C, D, E und F beobachtet wird.



Die Linien von g bedeuten die Richtung der einwirkenden Erd-Attractionskraft; die Linien nach h die Richtung der Fallkraft, welche der Pendelmechanismus der Pendelkugel in den bezeichneten vier Punkten anweist.

Construirt man nun nach der Lehre vom Parallelogramm der Kräfte die vermittelnden Linien, so erhält man die Linien C l, D l, E l und F l, welche die Richtung der Fallneigung des Pendels in Folge der auf dasselbe einwirkenden doppelten Kraft bezeichnen.

Diese Fallneigung entscheidet sich im Resultat für Fortbewegung bis zum Punkte F.

Die Linien von l werden in ihrer Verlängerung alle den Anfangsfallpunkt B treffen.

Es ergiebt sich bei ihrer Betrachtung ferner, daß die Richtung der Fallkraft des Pendels, welche sie andeuten, der Pendel-Stützvorrichtung, gleichmäßig zunehmend, allmählich immer mehr entgegentritt, bis sie im Punkte F derselben vollständig gegenübersteht. Dieser Umstand muß also eine plötzliche Beendigung der Bewegung, ein Abschneiden derselben, im Punkte F zur Folge haben; denn vorher und bis zu diesem Punkte entspricht die Richtung der Fallneigung der Pendelkugel mehr oder weniger auch der Pendelleitung und wird die Fallkraft deshalb früher nicht schwächen können.

Bei dem aus dem Anfangsfallpunkte C fallenden Pendel tritt diese plötzliche Hemmung im Punkte E ein; man darf dabei aber eine Hauptsache nicht vergessen, nämlich:

die Schwingung C D E bezeichnet genau den halben Raum der Schwingung B D F. Wenn nun das Pendel aus dem Punkte B fallend den größern Raum in derselben Zeit zurücklegt, deren es bedarf, um aus dem Punkte C fallend die Hälfte dieses Raumes zu durchlaufen, so kann im letztern Falle nur die halbe Fallgeschwindigkeit für das Pendel vorhanden sein, was sich auch schon aus der Lage des Anfangsfallpunktes (inmitten zwischen B und D) ergiebt.

Diesen Umstand muß man nothwendig in Rechnung bringen. Es ist früher gezeigt, daß Fallkraft und Fallgeschwindigkeit beim Pendel von einander unzertrennlich sind.

Das Pendel aus C fallend hat also gegen das aus B fallende nur die halbe Fallkraft nach abgelenkter Richtung; die Erd-Attractionskraft ist doppelt so stark.

Man muß deshalb die Linien, welche die Erd-Attractionskraft repräsentiren, gegen die die Pendelleitung vorstellenden von doppelter Länge zeichnen und so das Parallelogramm der Kräfte construiren.

Dabei ist ferner zu berücksichtigen, daß die Horizontale F B keineswegs die doppelte Länge von der Horizontale C E hat, wie dies bei der Kreishorizontale der Fall ist, und dieser Uebelstand muß zuvörderst ausgeglichen werden.

Zu diesem Behuf ist die Kreislinie F E D E B gebildet. Die Verbindung E E durch eine gerade Linie hat genau die Länge der Horizontale B A F und entspricht im Uebrigen E α C.

Durch diese Kreislinie ist der Nachtheil ausgeglichen, und auf dieser Kreislinie kann deshalb das Parallelogramm gebildet werden. Die Buchstaben sind denen des inneren Kreises entsprechend mit deutschen Lettern angegeben. Die Quadrate und die Raute dienen für den innern Kreis sowohl — wo sich Erd-Attractionskraft und Pendelleitung gleichstehen; — sie dienen aber auch gleichzeitig zur Ergänzung des Parallelogramms für die Horizontale C D E.

Im Uebrigen wird die Figur keiner Erklärung weiter bedürfen. F l bezeichnet die halbe Fallkraft des in F pausirenden Pendels; diese halbe Fallkraft wird also das aus C fallende Pendel im Punkte E haben, mithin wird es im Punkte E der Pendelleitung direct entgegentreten, wie durch die Linie E z, der Linie F l entsprechend und parallel laufend, angedeutet ist. Die Linien E l, D l sind durch die gegenüberliegende Raute resp. Quadrat gefunden, und diese Figuren hätten natürlich auch bei den Punkten E und D gebildet werden können. Die Linie E z verhält sich zur Linie D z ganz so, wie es mit F l zu E z der Fall war.

Es muß jedoch bemerkt werden, daß Friction und atmosphärische Luft nicht in Rechnung gestellt sind, was auch an sich nicht möglich ist; ferner aber, daß die Linien von g in der Wirklichkeit nicht parallel laufen, daß sie sich vielmehr im Erdpendelpunkte (dem definitiven Pendelruhepunkt entsprechend fixirt) treffen müssen, daß deshalb eine Bewegung von B bis F und von C bis E durch Erd-Attractionskraft nicht möglich ist, weshalb auch in abstracto beim Wegfall sonstiger Hindernisse von einer fortwährenden Pendelbewegung nicht die Rede sein kann. Es treten deshalb Differenzen im Raume ein, welche freilich dem Auge kaum bemerkbar sein können.

Ries'sche Buchdruckerei (Carl B. Lorck) in Leipzig.

[illegible]

[illegible] Sternen noch unmerkliche [illegible] und an sich sehr möglich [illegible] das [illegible] in der Wirklichkeit nicht parallel [illegible] der [illegible] Planetenbahnen (dem Schwereren [illegible] treffen müssen, daß deshalb eine [illegible] durch [illegible]-Attractionskraft [illegible] beim Eingriff sonstiger [illegible] Wirbelbewegung nicht die Rede [illegible] im Raume ein, welche sich [illegible] den Sonnen[illegible]

[illegible] Buchdruckerei [illegible] in Leipzig.